Veröffentlichungen des Instituts für Meeresforschung in Bremerhaven

Herausgegeben von

H. Friedrich

Direktor des Instituts für Meeresforschung

unter Mitwirkung von

W. Höhnk

Kustos am Institut für Meeresforschung

Band V

Heft 3

mit 9 Tafeln und 16 Textabbildungen

1958

Kommissionsverlag Franz Leuwer, Bremen

5 FEB 1962

Mykologische Abwasserstudie II

Von Willy Höhnk[1])

Es lag nahe, die Eignung der mykologischen Daten für die Gütebeurteilung des Wassers, wie sie in der Studie I (1956) erhalten und dargestellt wurden, an anderen Gewässern zu erproben.

Uns interessierten wie damals besonders die Abwässerverhältnisse. Darum wählten wir für diese nächste Bearbeitung nicht stehende Gewässer, etwa Teiche oder die kleinen Seen unserer daran nicht armen Landschaft, sondern die abwasserbelasteten Unterläufe naher Flüsse.

Es handelt sich dieses Mal um die Geeste und die Hunte. Sie sind nicht nur nahe, sondern empfehlen sich auch durch einen gut abgegrenzten unteren Abschnitt. Beide sind auch tributär der Weser, und das ist für die Auswahl mit entscheidend gewesen, weil unser wesentliches Interesse auf diesen Fluß hinzielt. Bevor aber die Befunde in diesem Strome behandelt werden können, sind mancherlei Fragen zu beantworten, denen an diesen begrenzteren Objekten nachgegangen worden ist.

Die Hunte ist der letzte westliche und die Geeste der letzte östliche Nebenfluß der Weser vor ihrer Mündung, und beide führen ihr die Abwässer von Haushaltungen und Industrien aus zwei Städten mit annähernd gleich starker Bevölkerung, Oldenburg bzw. Bremerhaven, zu.

Der befahrene Abschnitt der Hunte hat mit etwa 27 km die dreifache Länge des behandelten Geesteabschnittes. Wenn man bedenkt, daß die Aufbereitungsgeschwindigkeiten recht ungleich sind, ist auch zu erwarten, daß die Qualität des bei der Mündung von den beiden Flüssen an die Weser abgegebenen Wassers verschieden ist.

Diese Annahme vorausgesetzt, läßt sich vom längeren Hunteabschnitt auch ein farbigeres Mosaik in der Pilzflora erwarten als von der kürzeren Geestestrecke. Neben der sukzessive schwächer werdenden Abwasserwirkung werden sich auf der langen Strecke wieder einzelne Milieufaktoren des Flußlaufes, seines Bodens und der Beschaffenheit seiner Zuflüsse aus den Sielen, geltend machen. Inwieweit das zutrifft und ob und in welcher Weise die submerse Pilzwelt der Flußsohle darauf reagiert, zeigt die Einzelbehandlung. Das war der Gesichtspunkt, der uns aus der Hunte nur Bodenproben von der Flußsohle nehmen ließ.

Die kürzere Strecke der Geeste ließ solche Unterschiede nur in geringerem Maße erwarten. Dort schalteten wir eine andere Fragestellung ein, die nach der Verschiedenheit der Ausbeute aus den Bodenproben von der Sohle und von der Oberfläche der Schlickbänke zur Ebbezeit und von

[1]) Der Deutschen Forschungsgemeinschaft bin ich für eine Sachbeihilfe dankbar.

Schabseln von den senkrecht und feststehenden Hölzern, die zur Ebbezeit trocken laufen. Der grobe Unterschied liegt darin, daß submers der Sauerstoffschwund immer größer ist als in der Tidenhubzone, und in dieser wiederum ist die benetzte Oberfläche der dicken Schlickbänke augenscheinlich anders wirksam als der dünne Belag an den bezeichneten Holzstellen, deren Pilze obendrein noch den Gashaushalt des Algenbewuchses nutzen können.

Bei der Bestandsaufnahme der Pilze in den Habitaten bestehen für den Betrachtenden gegenüber den Algologen einige wesentliche Verschiedenheiten. Für die Algen sind die diagnostischen Merkmale allermeist unmittelbar vom gefundenen Exemplar abgelesen und erlauben darum meistens auch, einen späteren Fund ohne methodische Schwierigkeiten wieder zu bestimmen. Bei den Mikropilzen ist die Zahl solcher Fälle sehr beschränkt. Zu ihrer Determination bedarf es meistens der Kultur oder doch der Beobachtung des ganzen oder des charakteristischen Teiles des Lebenszyklus. Die Pilze werden mit den Proben lebend eingebracht und in der Kulturschule am Substrat oder am Köder beobachtet und notwendigenfalls noch über Agar geschickt.

Die Vertreter sehr verschiedener Pilzgruppen vollenden nun ihren Lebenslauf in sehr unterschiedlichen Intervallen. Während Phycomyceten ihn nach ein bis zwei Wochen abgeschlossen haben, stehen viele der höheren Pilze, *Ascomycetes* und *Fungi imp.*, dann erst in der Wachstumsphase. Es bedarf auch nicht selten verschiedener Nährböden oder besonderer Mühen, um die für die Diagnose wichtigen Stadien zu erzwingen.

Die Erarbeitung der v o l l s t ä n d i g e n Artenliste nimmt darum mit Berücksichtigung dieser Umstände längere Zeit, als gemeinhin z. B. der Algologe gebraucht.

Um auch der Forderung aus der Praxis, relativ schnell den Verschmutzungsgrad eines Gewässers oder die biologische Wirkung der eingeleiteten Abwässer in Erfahrung zu bringen, zu genügen, führten wir in der Studie I die Pilzspektren ein. Ihre Bausteine sind die systematischen Gruppen der im Wasser regelmäßig gefundenen *Fungi*, und ihr Prozentanteil läßt sich aus der Zahl ihrer festgestellten Vertreter errechnen. So lassen sich in sieben bis zehn Tagen auch die Formen erfassen, die nicht bis zum Artnamen oder auch bis zur Gattung durchbestimmt werden konnten. Das bedeutet einen erheblichen Zeitgewinn für die Beurteilung der Qualität eines Wassers.

Der Ausgangspunkt für die spektrenhafte Veranschaulichung war die Erfahrung, daß an den submersen Substraten im Wasser i m m e r eine Pilzflora nachweisbar ist. Ihre Zusammensetzung bestimmt das Gefüge des Spektrums, und dieses ist für den Verschmutzungsgrad bezeichnender, als zunächst erwartet werden konnte. Sie sind darum nicht allein für diese Studie beibehalten worden, sondern sie bilden das K e r n s t ü c k dieser Darstellung.

Nach den vielen inzwischen analysierten Proben läßt sich auch eine Artenliste für charakteristische Verunreinigungen anfertigen bzw. ihre Stärke herausstellen. Ihr Anfang wird in der Schlußbetrachtung gebracht. Die Verlängerung und Erhärtung soll erst nach einigen noch laufenden Untersuchungen vorgenommen werden.

Man mag auch nach dem Wert der mykologischen Wasseranalyse fragen, ob sie neben der chemischen und algologischen noch eine Besonderheit charakterisiert. Dazu ist folgendes zu sagen. Die Wasseranalyse des Chemikers verrät den momentanen Zustand des Wassers an der Entnahmestelle. Der zufälligen Störungen mögen dabei im abwasserbeladenen Fluß viele hineinspielen. Die Ergebnisse hängen in unseren untersuchten Gewässern z. B. ebensowohl vom Tidenstrom oder dem Schiffsverkehr als auch von stoßhaften Einmündungen aus Zuleitungen ab. Um den Charakter der Standortverhältnisse darzutun, sind mehrere Proben notwendig, die zu zweckmäßig gewählten, verschiedenen Zeiten gezogen werden müssen.

Die Wahl der verschiedenen Zeiten und die Berücksichtigung unkontrollierter Störungen nimmt uns nach unserer Vorstellung die submerse Pilzflora des Flußbettes weitgehend ab.

Es werden jene Pilze Bestandteile der Flora werden, deren Genotypus die Qualität und die Streuungswerte der Außenfaktoren tolerieren. Die Bewegung der Flußsohle wird in unseren beiden Flußstrecken mit ihrem geringen Gefälle kaum zu erwähnen sein, so daß von einer standorttreuen Flora gesprochen werden dürfte. Allerdings wird es Unterschiede in Kleinhabitaten geben, und auch Zufallsfunde, die das talwärts fließende Wasser heranträgt, können vorliegen; aber sie zu erkennen, dürfte möglich sein. Die Zufallsfunde z. B. werden durch ihre Singularität herausfallen und zudem im Standortwasser in der Kulturschale durch Kümmerwuchs sich als Irrgäste oder Verschlagene verraten.

Es dürfte sich herausstellen, daß die Kenntnis von den pilzlichen Aufbereitern der organischen Abwässer unumgänglich ist und daß den Spektren für die dauernd submers lebende Pilzflora neben den chemischen und algologischen Analysen ein besonderer Aussagewert zukommt, besonders darum, weil diese Pilzflora eine Anpassung an langfristige Verhältnisse darstellt.

Gleiches läßt sich wahrscheinlich nicht in demselben Maße von der Besiedlung der Tidenhubzone sagen. Hier sind der Zufälligkeiten mehr, etwa durch Abbröckeln des Ufers bei Strömung und Wellenschlag und Antreiben und Liegenbleiben standortfremder Substrate. An diesem Uferstreifen müßte auch wegen ihrer besseren Durchlüftung während der Ebbtide eine Erweiterung des Artenschatzes von der Niedrig- bis Hochwasserlinie festzustellen sein. Sofern die Uferbänke nicht Stein sind, trocknen sie sommers wohl nur am exponierten nördlichen Ufer oberflächlich kurzfristig so aus, daß das Pilzmyzel unterhalb einer dünnen Schicht überdauern muß.

Diese Verhältnisse können also in mehrfacher Weise gegenüber der Flußsohle beeinflußt werden. Welcher Faktor dabei zum Zuge kommt, läßt sich oft wohl nur indirekt erschließen. Diese Umstände sind dem Algologen geläufig, denn die Tidenhubzone dürfte sein vorzügliches Jagdfeld sein.

Ein weiterer Unterschied zwischen der Studie I und der vorliegenden ist noch zu bedenken. Damals ging es um die erste Feststellung einer systematisch vielgliedrigen submersen Pilzflora, darum wurden beim Dobrockbach von 1 km Länge auf den Exkursionen 30, 42, 58 bzw. 28 Proben genommen. Dieses Mal galt es, der notwendigen n i e d r i g s t e n Probenzahl näherzukommen, damit die mykologische Wasseruntersuchung eines längeren Laufes nicht methodisch ins Stolpern kommt. Daher wurden auf der 27 km langen Huntestrecke z. B. von zehn Standorten im Mai 33 Proben und im Juli von zehn Standorten nur insgesamt 23 Proben genommen. Die gestellte Frage war: Genügen die Zahlen der Standorte und der jeweiligen Proben, um die Abwasserverhältnisse eines längeren Flußlaufes zu charakterisieren? Hinweise für die Richtigkeit können in diesen ersten Untersuchungsfällen den vorliegenden chemischen Daten entnommen werden.

Zur Methodik

Die Fahrten auf der Hunte machten wir mit dem Kutter des Instituts „V i c t o r H e n s e n", die auf der Geeste mit einem Schlauchboot.

Jeder Fluß wurde zweimal im Jahre befahren, und zwar die Hunte am 14. Mai und 23. Juli 1957 und die Geeste am 8. Juni und 3. September 1957. Wäre dieses Jahr ebenso warm gewesen, wie es 1955 war, hätten wir versucht, die jeweils letzten Fahrten etwa einen Monat später zu legen. Nach den Erfahrungen der Studie I (1956) ließ sich damals in den untersuchten seichten Bächen und Gräben eine jahreszeitliche Verschiebung in der Pilzflora während des warmen Sommers nachweisen. In jenem Jahre war die reichste Artenliste der Saprolegnien im späten Frühjahr aufgetreten, und die günstigste Zeit für die sexuellen Pythien und die *Chytridiales* waren die warmen Monate gewesen. In den heißesten Wochen in Oberflächennähe dominierten schließlich stark die *Fungi imp.*

Diese jahreszeitlichen Akzente dürften bei den diesjährigen Arbeiten nur schwächer ausgebildet gewesen sein. Dieser Sommer war kühl und niederschlagsreich, und die Tiefe der Hunte und Geeste ist viel größer als die bei den 1954/55 untersuchten Bächen und Gräben. — Darum konnten die Fahrten, eingefügt in den Kalender der anderen laufenden Arbeiten, zu den oben gegebenen Terminen wohl ausgeführt werden, ohne damit die früheren Erfahrungen zu wenig zu beachten. An Bord des Kutters wurden die Bodenproben mit dem Bodengreifer, vom Schlauchboot aus mit einem langgestielten (3 m) Messingbecher gehoben.

Nur die Proben der ersten Huntefahrt wurden gleich nach dem Einbringen untersucht, die der zweiten erst nach sechswöchiger Aufbewahrung im Kühlraum bei einer Temperatur von ± 4° C. Die Proben der beiden Geestebefahrungen standen auch im Kühlraum, aber nur vierzehn bzw. zehn Tage, bevor sie in Petrischalen ausgebreitet wurden.

Die Behandlung, Beköderung und Durchsicht der Proben sind wieder so gewesen, wie sie in der Studie I beschrieben wurden. Nur einmal wurden Köder ausgelegt. Die früheren probeweise dreimaligen Beschickungen hatten auf 26 Proben schließlich drei Einzelmyzelien gebracht. Das mag für die systematische Ausbeute wohl ein Gewinn sein, in der Spektrenreihe geben solche kleinen Ergänzungen, wenn sie sich nicht gerade auf einem Standort häufen, keinen wesentlichen Ausschlag. Wenn ohne Rücksicht auf die Zeit die Vollständigkeit der Ausbeute erstrebt wird, vielleicht um die Aussagewerte der Spektren zu überprüfen, ist die wiederholte Beköderung oder auch die sukzessive Beschickung der Proben mit den Ködern nötig; wenn aber in Hinsicht auf die praktische Verwendung der Spektren gefragt wird, in welcher Frist von der Probennahme ab ein Spektrum erstellt werden kann, muß man ohne die sehr kleinen, aber zeitraubenden Korrekturen auszukommen versuchen.

Die gleichzeitige Verwendung der verschiedenen Köder in derselben Schale setzt natürlich ihre sparsame Dosierung voraus, und zwar besonders solcher, die, wie die Ameisenpuppen, schnell und stark Reizstoffe ins Wasser diffundieren lassen. Sie beschleunigen die Besiedlung und sporulative Vermehrung merkbar, und dann sind leicht alle auch weniger geeigneten Köder von diesen Arten befallen und können damit die Gesamtausbeute einengen.

Wie früher mußten die Schalen bei Raumtemperatur gehalten werden. Dieser Faktor wird sich wohl recht wenig bei der Formenausbeute bemerkbar machen, vielleicht aber für die Vollständigkeit des Entwicklungszyklus bedeutsam werden. Es mag sein, daß diese oder jene Saprolegniee oder Pythiee bei den niederen Temperaturen in den kühlen Jahreszeiten asexuell verharrt, bei Zimmertemperatur aber die Sexualphase durchläuft. Obwohl diese Frage noch durch Kulturerfahrungen zu beantworten bleibt, möchte ich ihr für unsere Flußabschnitte vorläufig keine zu große oder gar entscheidende Bedeutung beimessen. — Allgemein dürfte ein bei Zimmertemperaturen asexuelles Myzel auch am Standort asexuell sein. Ein in der Kulturschale sexuelles Myzel wird, wenn die Form standorttreu ist, auch draußen bei jahreszeitlicher Wärmeerhöhung sexuell werden. Es ist experimentell noch nicht festgestellt worden, ob die chemischen oder physikalischen Faktoren der hier besuchten submersen Standorte dauermodofikatorische Eigenschaften des Myzels bewirken.

So wichtig diese Frage auch in anderem Aspekt erscheint, für diese Arbeit ist sie von untergeordneter Bedeutung. Wir fanden nur einzelne sexuelle

Saprolegnieen, und die gefundenen sexuellen Pythiummyzelien sind uns schon von früheren Arbeiten als relativ resistent auch gegen niedere Salzwassereinflüsse bekannt.

Die gefundenen Pilze gehören den *Saprolegniaceae, Pythiaceae, Chytridiales* und *Fungi imp.* an. Um Anlehnung an das Saprobiensystem zu gewinnen, wurden auch wieder die Organismen des Illuvies aufgeführt. Sie sind verbreiteter, als das Saprobiensystem nach Kolkwitz es vermuten läßt. Damit bestätigen wir die Befunde von 1956. Wichtiger als ihr Vorkommen sind für uns die Dominanzverhältnisse unter den verschiedenen Gruppen.

Die Saprolegnien und Pythien wurden wieder in sexuelle und asexuelle Myzelien aufgegliedert; die sexuellen enthalten auch jene Arten, die regelmäßig in verschiedenen Anteilen Parthenosporen bilden, wie *Saprolegnia ferax, mixta, monilifera, Pythium artotrogus* u. a. Sie alle konnten meistens am Substrat bestimmt werden, nur einige wurden gezüchtet.

Die Angehörigen der *Chytridiales* und einzelne Hyphochytrien traten meistens an Pinuspollen auf, andere auch an Hanfsamen *(Nowakowskiella)* und einzelne an Algen.

Die Aufarbeitung der höheren Pilze des Wassers ist innerhalb einer Zeitspanne von zehn (bis vierzehn) Tagen unmöglich. Sie wachsen viel langsamer als die niederen Pilze und brauchen zur Bildung der diagnostischen Charakteristika oft mehrere Wochen bzw. Monate oder gar die Zucht auf zu ermittelnden besonderen Nährböden. Bei der Durchsicht nach sechs oder sieben Tagen zeigten sie sich oft als Myzelien ohne Fruchtkörper und Konidien und wurden als „sterile Myzelien" protokolliert. Wenn in einer Schale zwei dieser Myzelien wachsen, sind sie auch nach ihrem Habitus, ihren Maßen und Eigenarten ihrer Hyphen und Septen und gelegentlich auch nach der Zeichnung ihres Plasmas unterscheidbar. Da es sich allermeist nur um ein, zwei oder vielleicht auch drei Formen je Schale handelte, dürften Fehldiagnosen sehr selten gewesen sein.

Die Organismen des Illuvies (des Schmutzes) sind fast immer die gleichen, *Sphaerothilus natans* mit seinen beiden Wuchsformen *Cladothrix dichotoma* und *Chlamydothrix ochracea, Zoogloea, Thiotrix nivea, Beggiatoa*arten und einige andere. Sie wurden mit aufgenommen, um eine Anlehnung an das bisher gebräuchliche Saprobiensystem zu haben. *Clamydothrix ochracea* wurde bei der Errechnung nicht eingeschlossen, ebensowenig wie die anderen Eisenorganismen, die in unseren Flüssen an vielen Stellen zu finden sind (siehe den Hinweis auf Seite 251).

Für die Zahl der festgestellten Vertreter jeder Pilzgruppe errechneten wir von der Zahl aller Befunde in jeder Schale die Prozentanteile, und danach zeichneten wir Probenspektren oder, wenn mehrere Proben von einem Standort gleichzeitig behandelt waren, Standortspektren oder, wenn

alle Standortspektren einer Flußstrecke zusammengeschlagen wurden, auch Gesamtspektren.[1])

Den Spektren vorangestellt sind die Fundlisten der Arten. In der Schlußbetrachtung sind für bestimmte Verschmutzungsgrade einige der jeweils charakteristischen Formen zusammengestellt worden. Diese Aufzählungen sind nach weiteren Studien zu ergänzen. Es ist nicht möglich, mit einem Schlage die bezeichnenden Pilze in der Mehrheit zu erfassen oder zu erkennen und damit gleich ein Analogon der entsprechenden Algenlisten zu schaffen, wie sie von den Algologen seit geraumer Zeit zusammengetragen sind oder werden.

Am Schluß dieses Abschnittes ist noch darauf hinzuweisen, daß die Proben jeder Exkursion gleichzeitig und gleichmäßig gehalten und behandelt wurden. Der Ausbeute und den weiteren Feststellungen kommt darum immer ein relativer Wert zu, auch wenn diese oder jene Überlegung oder Behandlungsweise später berichtigt oder geändert werden sollte.

A. Der Unterlauf der Hunte

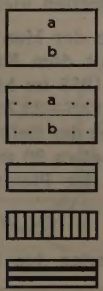
In ihrem Unterlauf ist die Hunte heute kein natürliches Gewässer mehr. Sie ist begradigt und vertieft worden, trägt die zahlreichen Kähne und Motorschiffe und führt die Abwässer der Haushaltungen und Industrien von Oldenburg und Elsfleth sowie kleineren Siedlungen weserwärts.

Wohl über den größeren Teil der Strecke ist das Flußufer mit Steinen ausgelegt und befestigt. Nur stellenweise ist ein Schilfsaum oder -bestand vorhanden.

Der von uns befahrene Abschnitt, von Oldenburg bis zur Mündung in die Weser, mißt 27 km. Dieses Flußbett östlich Oldenburgs ist zunächst in anmoorige und dann in Marschböden eingeschnitten. An einigen Stellen

---

[1]) Die Zeichen für die aufgeführten Pilzgruppen sind in den Spektren die gleichen geblieben, wie in den früheren Arbeiten; und zwar bedeuten:



wird von der Sohle der Sand oder auch Ton des Untergrundes erreicht, so nahe der 12-km-Marke (siehe Abb. 1, Karte).

Wenige Kilometer nördlich und südlich des Laufes breiten sich Hochmoore aus, und in zahlreichen Enklaven sinkt deren Oberfläche unter 0 m. Das ganze Gebiet ist Grünland; mehr als zwei Drittel der Fläche sind Wiesen oder Weiden.

Ein Teil der Stadt Oldenburg bedarf der Entwässerung nicht. Nur etwa die Hälfte der Haushaltungen führt die Abwässer dem Fluß zu. Aber das ganze Huntegebiet östlich der Stadt muß wegen des zu hohen Wasserstandes entwässert werden; das geschieht durch Siele und Pumpwerke unter der Aufsicht der Deich-, Schleusen- und Sielverbände oder der Wasserachten Oldenburgs.

Von Norden führen Wull- und Werthersiel den Zugang von etwa 120 qkm Niederungsland heran, von Süden kommt durch das Blankenburger, Holler-, Neuhuntorfer und Lichtenburger Siel die Menge von etwa 278 qkm.

Die Abflußmenge ist natürlich abhängig vom Niederschlag; sein dreizehnjähriges Mittel beträgt hier etwa 730 mm. Auf den Winter entfallen etwa $^3/_7$ und auf den Sommer $^4/_7$. Davon versickert in diesem Lande wenig; die Verdunstung ist im Sommer beträchtlich, im Winter gering. So bleiben im Winter höhere Niederschlagsmengen für den Abzug übrig als im Sommer, etwa 240 mm für sechs Monate, monatlich also 40 mm im Mittel. Daraus läßt sich eine durchschnittliche winterliche Abflußmenge von 15 l/sec/qkm errechnen. Für das gesamte Abflußgebiet würde das 5,8 m³/sec ergeben.*) Wenn das auch nicht für viel angesehen wird, so ist die Menge als Verdünnungszuschuß für die abwasserführende Hunte doch bedeutsam, besonders in Hinsicht auf die Abflußmenge dieses Flusses, über die die Angaben unten folgen.

Dieses Wasser läuft nicht kontinuierlich. Bei den Pumpwerken wäre es wohl möglich, aber nicht bei den einfachen Sielmündungen. Sie können wegen des Wasserstandes nur wenige Stunden am Tage geöffnet werden. Die Zufuhr kommt also schub- oder stoßweise. Auch die Stöße sind ungleich, weil besonders winters die Schließungszeiten viel länger dauern.

Die weserwärts ziehende Oberwassermenge der Hunte ist daher unterschiedlich. Die mittlere Hunte zusammen mit dem Küstenkanal, die in Oldenburg zusammenkommen, lieferten z. B. 1955 im März 24—52 m³/sec, im August 6,5—23,5 m³/sec und im November 12,5—23,7 m³/sec. Damit sind nur gelegentliche Messungen angegeben, weder der tiefste noch der höchste Stand. Nach oben werden auch Werte bis zu etwa 90 m³/sec genannt, und sicher gibt es entweder gemessene oder in der Planung berücksichtigte Katastrophenwerte, die noch höher steigen.

---

*) Für diese Errechnung mit angenäherten Werten bin ich Herrn Ingenieur Gerdes-Röben dankbar.

Abb. 1: Der Unterlauf der Hunte

Daraus ergibt sich auch, daß die Strömungsgeschwindigkeit bei dem geringen natürlichen Gefälle wechselt. Nach Modellversuchen würde bei einem Oberwasserzufluß von 4,12 m^3/sec ein Schwimmkörper erst nach elf Tidenfolgen die Strecke bis zur Weser durchpendeln. Beim Mittelwasser $Q_0 = 15$ m^3/sec würde die Weser nach $4^1/_2$ bis 6 und bei $Q_0 = 30$ m^3/sec nach $2^1/_2$ bis 3 Tidenfolgen erreicht sein.

Diese wechselnden Verhältnisse in bezug auf Wassermenge, Zufluß- und Strömungsverhältnisse wirken sich im Verschmutzungsgrad des Wassers aus.

Unterschiedliche Befunde an verschiedenen Stationen und auch zu verschiedenen Zeiten lassen sich darauf mit zurückführen.

An hydrochemischen Daten lagen nur Analysenwerte einer Untersuchung vom August 1951 vor.*) Sie mögen auch heute noch ein angenähertes Bild vom Zusammenspiel der Faktoren geben.

Die Wasserproben sind von Oldenburg-Stadt bis zur Mündung leicht gelblich bis farblos. Es treiben darin kleine feste Partikel und flockige Anteile. Bis auf besondere Standorte ist es bei 20° C ohne Geruch. Solche besonderen Standorte sind beim Pumpwerk (km 1,3) und bei der Einmündung des Blankenburger und des Stedinger Sieles (km 4,2 und km 19). Dort kann es faulig oder auch muffig riechen.

Ammoniumverbindungen (NH_3) wurden nur beim Pumpwerk mit 2,4 mg/l festgestellt, Nitrite nirgends und Nitrate nur an den Stationen km 19 und km 22,6 mit 4,0 und 2,0 mg/l.

Über einzelne andere Faktoren gibt die folgende Tabelle Aufschluß.

Entnahmestelle	Schleuse Oldenburg	km 1,3	km 3,5	km 4,6	km 11,7	km 19	km 22,6
Reaktion (pH)	6,4	6,8	6,9	7,16	7,23	7,3	7,36
Schwebestoffe in mg/l	37,0	64,0	40,0	39,0	97,0	70,0	55,0
Kaliumpermanganatverbrauch in mg/l	40,5	139,0	25,2	25,2	7,6	6,3	22,7
Chloride in mg/l	82,2	154,6	109,1	110,6	100,6	684,9	840,8
Phosphate in mg/l	—	—	—	—	—	0,1	0,5

Tabelle 1: Analysenwerte für das Huntewasser im August 1951

Der pH-Umschlag von 6,4 bei Oldenburg nach 7,36 bei km 22,6 zusammen mit dem wachsenden Wert der Chloride besagt, daß in größerer Menge

*) Für die Möglichkeit der Einsichtnahme bin ich dem Wasserstraßenamt in Oldenburg dankbar.

flußfremde Stoffe ins Wasser gelangen. Der Neutralpunkt lag zwischen km 3,5 und 4,6. Die Chloride nahmen von 82,2 mg/l bei der Schleuse Oldenburg (über 154,6 mg/l bei km 1,3) bis 110,6 mg/l bei km 4,6 zu. Auf dieser Strecke münden städtische Abwässer ein.

Die Chloride zeigen einen starken Sprung zwischen km 11,7 und km 19, und zwar von 100,6 auf 684,9 mg/l. Die Menge erhöht sich noch bis zur Huntemündung auf 840 mg/l. Man möchte vermuten, daß dieser Chloridstoß vom Weserwasser mit verursacht wird; es darf aber nicht der vielleicht wesentlichere Einfluß der Abwässer von Industrie und Siedlung an der Huntemündung übersehen werden.

Plötzlich sprunghaft umschlagende Faktorenwerte können die Mikrobenwelt erheblich stören, die Kontinuität der Selbstreinigung im Gewässer lähmen und Zonen der Mikrobenarmut, der Fäulnis oder Gärung schaffen. Das pH allein gibt dafür in der unteren Hunte wohl keinen Hinweis, wohl aber in Verbindung mit dem Chloridgehalt.

Ein $KMnO_4$-Verbrauch von mehr als 10 mg/l deutet schon auf besondere Einflüsse hin. Die Werte für das Huntewasser in Oldenburg von 40,5 und 139,0 mg/l zeigen eine üble Verschmutzung an. An den angeführten übrigen Stationen liegen sie wesentlich niedriger, vor allem zwischen km 11,7 und 19.

Wie die Werte für Chloride, Nitrate, Schwebestoffe und Nitrite in Mündungsnähe anwachsen, tun es auch die für Phosphate. Sie steigen von 0,1 mg/l bei km 19 auf 0,5 mg/l bei km 22,6. Diese Mengen deuten eine sehr starke Verunreinigung an.

Die hydrodynamischen und -chemischen Daten sind aufgeführt, um das Wasser dieses Flußabschnittes zu charakterisieren. Das Bündel der aufgeführten Faktoren und Indikatoren zeigt deutlich, daß die natürliche Selbstreinigung auf dieser Strecke wiederholt und stark gestört ist.

Nicht nur lassen sich die stadtoldenburgische und die Mündungsstrecke besonders charakterisieren, sondern auch der mittlere Abschnitt von km 6,5 bis 19 läßt sich in zwei Teile gliedern. Die trennende Station ist etwa km 11,7. Bei km 12 schneidet das Flußbett den Sand des Untergrundes an, die Schwebestoffe erreichen ihren höchsten Wert, Cl wächst stark an, der $KMnO_4$-Verbrauch hat seine niedrigsten Werte, und beim Übergang der Strecke in den Mündungsabschnitt steigt das PO_4 so außerordentlich. — Auf die Wendemarke bei etwa km 11,7 hinzuweisen, war notwendig in Hinsicht auf die mykologischen Ergebnisse; das war der zweite Grund, die vorliegenden hydrographischen Daten mit anzuführen.

Um die Proben für die mykologische Untersuchung einzuholen, wurden zwei Befahrungen durchgeführt. Die erste fand am 15. Mai 1957 und die letzte am 24. Juli 1957 statt.

Auf jeder Fahrt wurden zehn Standorte gewählt, davon waren neun auf beiden Fahrten die gleichen. Von diesen sind sieben in die Abb. 2 und

Abb. 3 aufgenommen. Von allen aber sind die Befunde in den Artenlisten und den ihnen folgenden Tabellen enthalten.

Wassertemperaturen wurden dabei nicht gemessen. Es liegen nur Vergleichszahlen vom Wetteramt in Bremerhaven vor, die dort beim Schleuseneingang an der Oberfläche gemacht wurden. Sie haben nur mittelbaren Wert für den Huntelauf; aber sie sagen doch, daß das Temperaturmittel während der vierzehn Tage vor der Exkursion im Mai um etwa 10° C niediger war als vor der im Juli.

Die mittäglichen Temperaturen (14.20 Uhr) streuten vom 1. bis 14. Mai 1957 zwischen 9,8 bis 12,0° C, und das Mittel lag bei 10,6° C. Die Mittel der abendlichen und der nächtlichen Temperaturen während der gleichen Zeit lagen bei 10,05 bzw. 10,31° C. Die Streuung der mittäglichen Werte vom 9. bis 23. Juli 1957 bewegte sich zwischen 19,7 bis 21,5° C, das Mittel betrug 20,57° C. Die abendlichen und nächtlichen Durchschnittszahlen waren 20,24 bzw. 20,06° C.

In meiner mykologischen Abwasserstudie I hatte sich ergeben, daß die Spektren von verschiedenen Standorten einen jahreszeitlichen Rhythmus andeuteten, und zwar zeigten die der kühleren Jahreszeiten die deutlicheren Unterschiede, die der warmen geringere. Aus einem didaktischen Grunde behandle ich zuerst die Ergebnisse der Juli- und dann die der Maiexkursion.

1. Die Befahrung am 24. Juli 1957.

Aus 23 Proben von zehn Standorten ergaben sich die folgenden 135 Befunde:

Artenliste	Bodenproben der Standorte: Oldenburg	km 3,1	km 7	km 11	km 12	km 16	km 18	km 19,5	km 22	100 m v. Mündung
Saprolegniaceae										
sexuelle Formen										
Achlya orion	1									
Aplanopsis terrestris	1									
asexuelle Formen und Myzelien										
Aphanomyces spec.			2			1		1		
Saprolegnia		1					1	1		
Dictyuchus sterile								1		
Pythiaceae										
sexuelle Formen										
Pythium graminicolum	1						1			
Pythium megalacanthum				1						
Pythium monospermum									2	3

Artenliste	Bodenproben der Standorte: Oldenburg	km 3,1	km 7	km 11	km 12	km 16	km 18	km 19,5	km 22	100 m v. Mündung
asexuelle Formen und Myzelien										
Pythium undulatum	1									
Pythium dissotoccum	1									
Pythium monospermum		2		1						
Pythium gracile		1								
Pythium megalacanthum						1				
Pythium inflatum						1				
Pythium spec. kugelige Sporangien	1		1			1		1	1	2
Pythium spec. fädige Sporangien			1				1	1		
Pythiogeton utriforme	2									
Chytridiales										
Olpidium luxurians	1			1			1		1	
Olpidium pendulum	2								1	1
Rhizophydium anomalum	1		2				1			
Rhizophydium sphaerotheca	1									
Rhizophydium poll. pini	1									
Rhizophydium sphaerocarpum				1						
Rhizophydium mamillatum					1					
Rhizophydium spec.										1
Phlyctochytrium anatropum						1				
Phlyctochytrium equale									1	
Phlyctochytrium vernale										1
Phlyctochytrium spec.		1								
Chytridium sphaerocarpum					1					
Chytridium spec.				1		1				1
Synchytrium spec.				1				1		
Fungi imp.										
Fungus imp. spec. I	4	1			2	2	2	2	2	3
Fungus imp. spec. II	4		2	2		2		1	1	2
Fungus imp. spec. III			1							
Fusarium herbarum			1							
Fusarium aquaeductum		2		1						
Geotrichum candidum							1			
Organismen des Illuvies										
Cladothrix dichotoma	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
Zoogloea ramigera	1				1					
Thiothrix nivea					1	1		1		2
Thiothrix tenuis	1				1	1				
Beggiatoa alba	1									

	Bodenproben der Standorte:																			
	Oldenburg		km 3,1		km 7		km 11		km 12		km 16		km 18		km 19,5		km 22		100 m v. d. Mündung	
	Befunde	%	Befunde	%	Befunde	%	Befunde	%	Befunde	%	Befunde	%	Befunde	%	Befunde	%	Befunde	%	Befunde	%
Saprolegniaceae sexuell	2	7,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Saprolegniaceae asexuell	—	—	1	10,0	2	16,6	—	—	—	—	1	7,1	1	10,0	3	25,0	—	—	—	—
Pythiaceae sexuell	1	3,7	—	—	—	—	1	9,1	—	—	—	—	1	10,0	—	—	2	18,2	3	15,8
Pythiaceae asexuell	5	18,5	3	30,0	2	16,6	1	9,1	—	—	3	21,4	1	10,0	2	16,7	1	9,0	2	10,5
Chytridiales	6	22,2	1	10,0	2	16,6	4	36,3	2	22,2	2	14,3	2	20,0	1	8,3	3	27,3	4	21,0
Fungi imp.	8	29,9	3	30,0	4	33,3	3	27,3	2	22,2	4	28,6	3	30,0	3	25,0	3	27,3	5	26,3
Organismen des Illuvies	5	18,5	2	20,0	2	16,6	2	18,2	5	55,6	4	28,6	2	20,0	3	25,0	2	18,2	5	26,3
	27	99,9	10	100,0	12	99,7	11	100,0	9	100,0	14	100,0	10	100,0	12	100,0	11	100,0	19	99,9

Tabelle 2: Anteilerrechnung für die Juli-Artenliste von der Hunte (1957)

Die ergiebigsten Befunde brachten der erste und der letzte Standort, 27 bzw. 19; bei den Zwischenstationen sind weniger verzeichnet. Die niedrigste Befundzahl, 9, hat der Standort bei der km-12-Marke.

Die einzigen sexuellen Saprolegnien fanden sich bei Oldenburg. Zwei der dortigen Proben kamen aus Ufernähe, und zwei wurden mittstroms, direkt vor dem Einfluß von der Knochenmühle, genommen. Erstmals aus schmutzigem Wasser wurde die sexuelle *Achlya orion* eingebracht. *Aplanopsis terrestris* ist mir früher auch schon an ähnlichen Standorten begegnet.

Von den asexuellen Saprolegnien sind *Aphanomyces-* und *Dictyuchus*-myzelien im Schmutzwasser nicht selten.

Die Verteilung der Pythien läßt keine Besonderheiten erkennen außer der Feststellung, daß fünf der insgesamt acht Funde sexueller Formen in Mündungsnähe gemacht wurden. — Bis auf das einmal diagnostizierte *Pythium gracile* sind mir alle die anderen aus der Familie aufgeführten als schmutztolerant bekannt.

Auch die *Chytridiales* sind bis vielleicht auf *Phlyctochytrium anatropum* in Abwasserstufen schon beobachtet worden. *Phl. anatropum* köderten wir aus den Proben bei km 12 erstmalig.

Die *Fungi imp.* stellen die höchste Befundzahl, insgesamt 38 (gegenüber 32 der Illuviesformen, 27 der *Cytridiales,* 28 Pythien und 10 Saprolegnien). Sie waren in den Proben aller Standorte enthalten, ebenso wie die Illuviesorganismen.

Der erste Blick auf die Spektrenreihe, Abb. 2, die zur Veranschaulichung dieser Befunde gezeichnet ist, vermittelt ein wechselvolles Bild. Die auffallendste Säule ist die für den Standort bei km 12, dort hat sich die ärmlichste Pilzbesiedlung gezeigt. Nach beiden Seiten hin sind die anderen Spektren mehr gegliedert, an jenen Standorten ist die Pilzwelt mannigfaltiger.

Vor einer verweilenden Betrachtung müßte darauf hingewiesen werden, daß das erste Spektrum der Reihe (Abb. 2), welches für den abwasserbelasteten Standort Oldenburg steht, nach der Studie I (Höhnk, 1956) jenen Spektren nahekommt, die für den Dobrock-Molkereibach und die erheblich abwasserbelasteten Standorte im Butjadinger Be- und Entwässerungssystem gezeichnet worden sind. Das ist am besten zu erkennen, wenn die addierten Anteile der Illuviesorganismen und *Fungi imp.* betrachtet werden. Damit ist zugleich der wichtigste Indikator für unseren Rahmen genannt.

Lesen wir also die Spektren von unten nach oben und vergleichen die Anteile der beiden genannten Organismengruppen, dann ergibt sich, daß sie

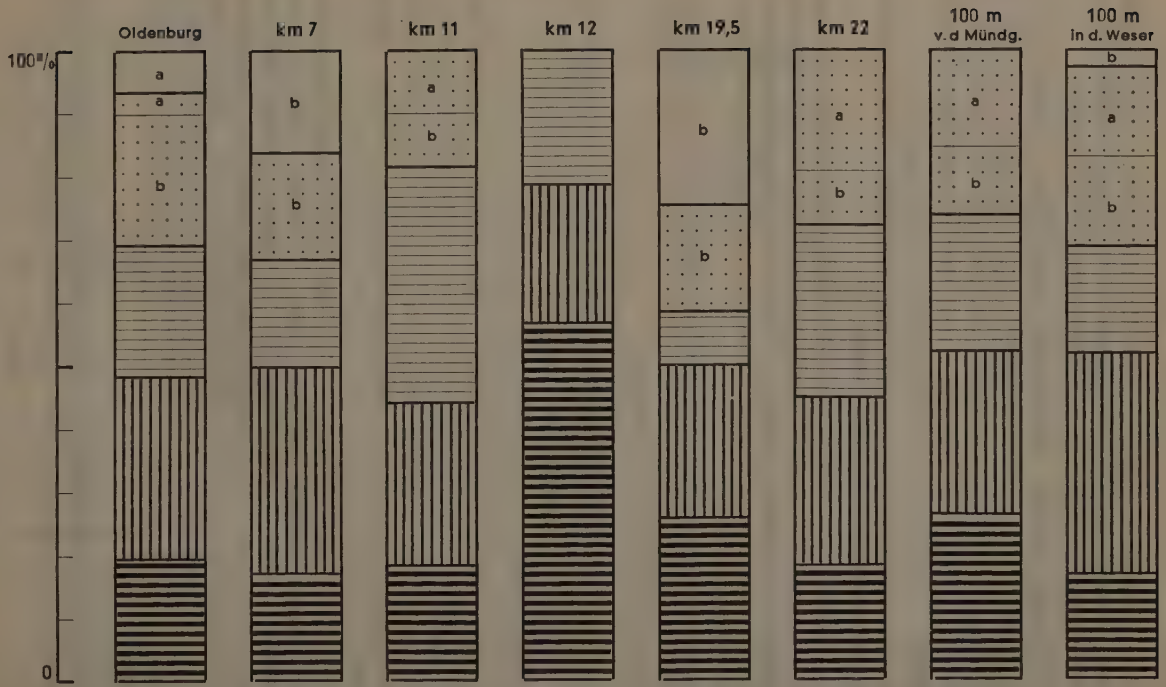


Abb. 2. Standortspektren nach den Befundzahlen aus den Flußsohlenproben von der Befahrung im Juli 1957.

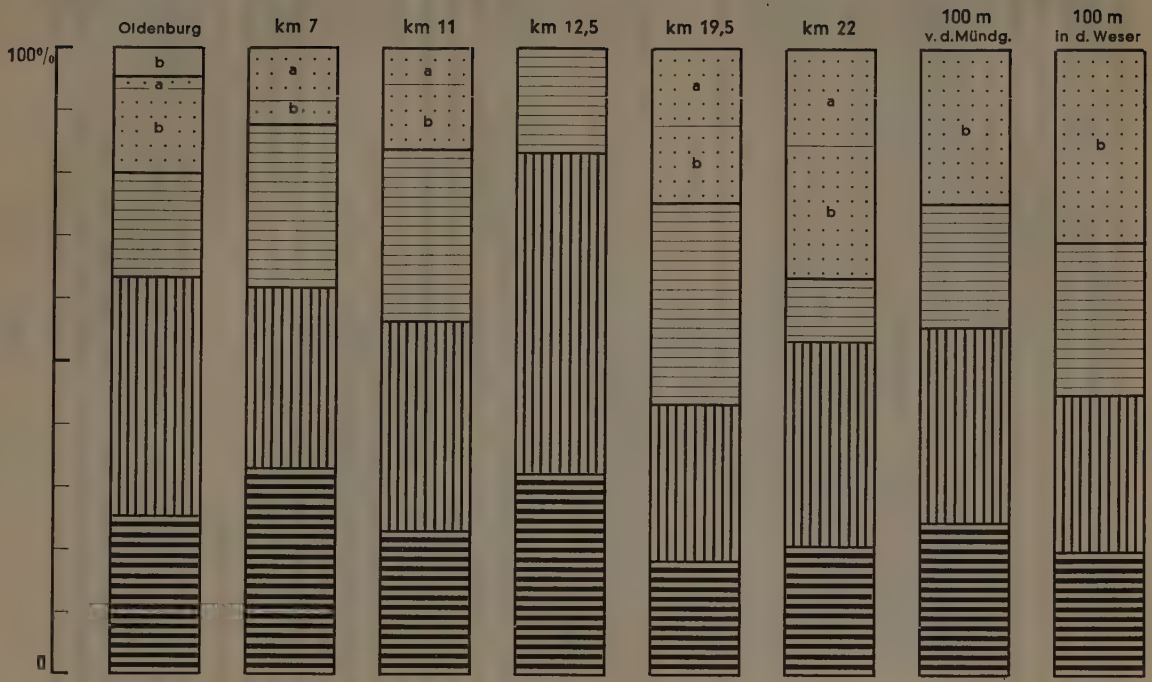


Abb. 3. Standortspektren nach den Befundzahlen aus den Flußsohlenproben von der Befahrung im Mai 1957.

zusammen an allen Standorten außer dem bei km 12 zwischen 45 bis 52 % ausmachen. Damit ist ein gewisser Gleichklang in der Reihe und zugleich ein charakteristischer Zug für unsere Befunde im Unterlauf der Hunte gegeben. Wenn wir die Abb. 2 mit denen der Studie I vergleichen, ist klar, daß dieser Wert sehr verschieden sein kann, daß ihm für den Zustand des Gewässers indikatorischer Wert zugesprochen werden muß.

Nachgeordnet ist diesem Indikator in unserer Betrachtung die Auflockerung oder Gliederung des oberen Teiles der Spektren. Für sie liegen in Wasserläufen solchen Verschmutzungsgrades offenbar weniger Befunde vor. Daß deren Vorhandensein aber nicht allein dem Zufall überlassen ist, beweist wohl die Beobachtung, daß die Myzelien bestimmter Arten, die gefunden wurden, ihren vollständigen Entwicklungszyklus in solchem Milieu durchlaufen, also auch hierher gehören. Von den Pilzgruppen der oberen Spektrenteile haben die Anteile der sexuellen Formen ihren eigenen Wert. Er fordert eigentlich dazu auf, in erweiterten oder abgewandelten Studien die genotypische physiologische Begrenzung aufzudecken und so Indikatoren für Milieuhinweise zu gewinnen.

Wäre der Selbstreinigungsprozeß in unserem Hunteabschnitt ungestört, müßte eine gleitende Abwandlung in den Spektren auftreten. Das ist aber nicht der Fall. Es liegen Änderungen vor, die auf neuerliche Einflüsse hindeuten.

Vor der km-7-Marke münden von beiden Ufern mehrere relativ große Entwässerungssiele ein. Ihre Einwirkung wird sich über eine Strecke hinziehen. Aber die Verhältnisse am Standort bei km 12 lassen sich damit nicht erklären. Die Proben waren weißer Sand. Die Karte zeigte, daß die Flußsohle hier den sandigen Untergrund anschneidet, und zugleich, daß hier eine tiefe Auskolkung liegt. Es mag sein, daß die Proben von seinem Hange geschöpft wurden. Es mag auch sein, daß die p. 221 angeführten hydrochemischen Verhältnisse weitere Ursachen für das ganz aus der Reihe fallende Spektrum sind. — Die erdachte Möglichkeit, daß hier bei den Arbeiten am Flußbett Sand geschüttet worden ist, hat eine Nachfrage nicht geklärt. — Von der Mai-Befahrung haben wir für diesen Standort das gleiche Ergebnis gewonnen. Eine stichhaltige Erklärung können wir dafür zur Zeit nicht geben.

7,5 km flußabwärts (bei km 19,5) ist die Zusammensetzung der Pilzbesiedlung wieder anders. Für die Anteile der oberen Gruppen in der Säule haben nur asexuelle Myzelien vorgelegen. Es münden auf dem letzten Kilometer drei Einflüsse. Bei der durch Illuviesorganismen und *Fungi imp.* angezeigten erheblichen Verschmutzung könnten die nur asexuellen fädigen Phycomyceten noch ein Zeichen für Weidenwasser sein.

Weiter flußabwärts nimmt die Hunte in den letzten Kilometern noch die Abwässer der Häfen und der Siedlung auf. Unsere Spektren zeigen auch eine leichte Verschlechterung.

Die rechte Säule der Reihe (Abb. 2) ist für einen Standort der Weser gezeichnet, der etwa 100 m unterhalb der Huntemündung am Westufer liegt, also bei Ebbstrom im Einflußbereich des Huntewassers ist. Selbst an diesem Ort erscheint in unserer Darstellung das Weserwasser nicht ungünstiger als das Huntewasser. Dieser Frage begegnen wir noch einmal am Ende des nächsten Abschnittes.

2. Die Befahrung am 14. Mai 1957.

Diese Exkursion ging der oben geschilderten zeitlich voraus.

Aus 33 Proben von zehn Standorten ergaben sich die folgenden 198 Befunde:

Artenliste	Bodenproben der Standorte: Oldenburg	km 3,1	km 7	km 9,5	km 11	km 12,5	km 16	km 19,5	km 22	100 m v. Mündung
Saprolegniaceae										
sexuelle Formen										
Saprolegnia ferax							1			
asexuelle Formen und Myzelien										
Saprolegnieen	2						1			
Dictyuchus sterile		1								
Pythiaceae										
sexuelle Formen										
Pythium monospermum	1		2	1	1			2	3	
asexuelle Formen und Myzelien										
Pythium inflatum	1	2					1		2	1
Pythium graminicolum	1									
Pythium monospermum		1	1							1
Pythium undulatum					1					
Pythium megalacanthum					1					
Pythium spec. fädige Sporangien							1	1	1	1
Pythium spec. kugelige Sporangien	3	3						1		1
Phytophthora spec.		1							1	
Diasporangium jonesianum	1									

Artenliste	Bodenproben der Standorte:									
	Oldenburg	km 3,1	km 7	km 9,5	km 11	km 12,5	km 16	km 19,5	km 22	100 m v. Mündung
Chytridiales										
Phlyctochytrium biporosum			1		1					
Phlyctochytrium laterale			2							
Phlyctochytrium equale							1	2		
Phlyctochytrium vernale								1	2	2
Phlyctochytrium spec.	1									
Olpidium luxurians	2	1			1					
Olpidium pendulum		1				1				
Rhizophydium sphaerotheca	1	3	2		1					
Rhizophydium globosum	1			1	1					1
Rhizophydium laterale								1		
Rhizophydium spec.	1			1						
Synchytrium spec.	1	1								
Nowakowskiella elegans		1								
Mikromycopsis cristata			1							
Hyphochytrium spec.					1	1		1		
Fungi imp.										
Fungus imp. spec. I	6	3	3	4	5	3	2	2	3	3
Fungus imp. spec. II	4	3	2	1	1	1	1		3	2
Fungus imp. mit Kugel-Konidien	5									
Ascobolus pulcherrimus	1									
Cladosporium herbarum		1								
Pecilomyces varioti		1								
Fusarium aquaeductum		1						2		
Fusarium oxysporum			1							
Tilachlidium tomentosum			1							
Dicranum spec.						1				
Cylindrocephalum spec.						1				
Organismen des Illuvies										
Cladothrix dichotoma	3	3	3	3	3	2	1	3	2	2
Zoogloea ramigera	2		1							
Thiothrix nivea	1	1	1		1	2	1		2	1
Thiothrix tenuis	1									
Beggiatoa alba			1	2						
Beggiatoa leptomitiformis	1		1							
Leptomitus lacteus	1		1							
Sphaerotilus natans	1									

	Bodenproben der Standorte																					
	Oldenburg		km 3,1		km 7		km 9,5		km 11		km 12,5		km 16		km 19,5		km 22		100 m v. d. Mündung	
	Befunde	%	Befunde	%	Befunde	%	Befunde	%	Befunde	%	Befunde	%	Befunde	%	Befunde	%	Befunde	%	Befunde	%
Saprolegniaceae sexuell	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	10,0	—	—	—	—	—	—
Saprolegniaceae asexuell	2	4,7	1	3,6	—	—	—	—	—	—	—	—	1	10,0	—	—	—	—	—	—
Pythiaceae sexuell	1	2,4	—	—	2	8,3	1	7,7	1	5,6	—	—	—	—	2	12,5	3	15,8	—	—
Pythiaceae asexuell	6	14,3	7	25,0	1	4,2	—	—	2	11,1	—	—	2	20,0	2	12,5	4	21,0	4	25,0
Chytridiales	7	16,7	7	25,0	6	25,0	2	15,3	5	27,6	2	16,7	1	10,0	5	31,2	2	10,5	3	18,7
Fungi imp.	16	38,1	9	32,1	7	29,2	5	38,5	6	33,3	6	50,0	3	30,0	4	24,9	6	31,6	5	31,3
Organismen des Illuvies	10	23,8	4	14,3	8	33,3	5	38,5	4	22,2	4	33,3	2	20,0	3	18,7	4	21,0	4	25,0
	42	100,0	28	100,0	24	100,0	13	100,0	18	99,8	12	100,0	10	100,0	16	99,8	19	99,9	16	100,0

Tabelle 3: Anteilerrechnung für die Mai-Artenliste von der Hunte (1957)

Die Ergebnisse sind, weil die Probenzahl etwas größer ist als im Juli, auch höher. Die meisten Befunde verzeichnet der Standort Oldenburg mit 42, bei km 7 liegen sie zwischen 30 bis 20, und ab km 9,5 bleiben sie bis zur Mündung unter 20.

Nur eine sexuelle *Saprolegnia* erschien, und zwar bei km 16. Die asexuellen Myzelien stellten die Gattungen *Saprolegnia* und *Dictyuchus*. Das sind bekannte Formen für diese Verhältnisse.

Für die Pythien ist gleiches zu sagen. Die sexuelle ist die toleranteste, *P. monospermum*. Alle anderen, auch die zwei im Juli nicht gesehenen, sind schon oft oder wiederholt in unseren Flußläufen beobachtet worden. — So ist es auch für die *Chytridiales*.

Die *Fungi imp.* stellen wieder die höchste Befundzahl mit 67 (gegenüber 5 der Saprolegnien, 38 der Pythien, 40 der *Chytridiales* und 48 der Illuviesorganismen). Sie und die hier als Organismen des Illuvies bezeichneten waren in allen Proben enthalten.

Die spektrenhafte Veranschaulichung dieser Verhältnisse ist in Abb. 3 gegeben. Es sind dieselben sieben Standorte wie in Abb. 2 gewählt; die rechte Säule ist wieder für das Weserwasser nahe der Huntemündung gemacht.

Wieder fällt die Station km 12,5 ganz aus der Reihe, obwohl die Probe einige hundert Meter weiter flußab als im Juli genommen wurde.

Außer bei der Station km 19,5 liegen die zusammengefaßten Anteile der *Fungi imp.* und der Illuviesorganismen jetzt höher als im Juli. Wenn wir bedenken, daß die Saprolegnien und Pythien mit Erwärmung steigende Propagationsziffern haben, so kann der prozentuale Anteil dieser Gruppe in unseren Proben auch eine durch jahreszeitliche Einflüsse bedingte Erscheinung sein. Im Juli war ihr Anteil höher als im Mai. Diese fädigen Phycomyceten waren wohl auch im Mai anwesend, aber wegen ihrer geminderten Sporulation traten sie nicht in jeder Probe auf. Für die höheren submersen Pilze besteht die Überlegung in viel geringerem Maße. Darum wächst ihr Anteil kompensatorisch, wenn manche der Phycomyceten aus physiologischen Gründen hier und da ausfallen. Nehmen wir diese Abhängigkeiten für gegeben an, dann sind die meisten der Spektren verständlich. Nur bei den Standorten km 19,5 und km 22 sind die Verhältnisse etwas geändert. Erschien im Juli der Standort bei km 22 günstiger, ist es jetzt der bei km 19,5. Die Verschiebung, die die letzte Tabelle dafür ausweist, ist artenmäßig sehr gering. Es läßt sich dafür keine besondere Ursache angeben.

In der zu betrachtenden Mai-Spektrenreihe tritt von der Station km 19,5 mündungswärts wieder eine leichte Einengung für die empfindlicheren Pilze ein, die wir analogisieren mit der Verschlechterung der Lebensbedingungen am Boden durch die Abwässer der örtlichen Industrie und Siedlung und die Einwirkung des Weserwassers.

Die rechts stehende Säule ist, wie oben schon gesagt, für das Weserwasser. Ihr Standort ist nicht unterhalb der Huntemündung, wie im Juli, sondern etwa 100 m oberhalb derselben. Er lag auch nicht oder längst nicht in dem Maße im Wirkungsbereich des Huntewassers wie der im Juli gewählte Standort unterhalb. Das besagt auch das Material der Probe. Die Juliprobe unterhalb war Schlick, wie er auch in der Huntemündung vorgefunden wird; die Maiprobe von oberhalb war grober Sand.

Vom tidenweise in die Hunte eindringenden Weserwasser ist unter normalen Verhältnissen also keine Verschlechterung zu erwarten.

3. Betrachtung der Ergebnisse der Hunteuntersuchung.

In der Studie I (1956) untersuchten wir den Dobrockbach von der Quelle bis in den verschmutzten Molkereigraben und das Butjadinger Be- und Entwässerungssystem von der Einlaßstelle bis zu den arg verschmutzten Teilen in der Nähe von Siedlungen. Von den zweckmäßig gewählten und gesuchten Standorten erhielten wir zumindest in den kühlen Monaten Spektren, die, analog zu den Verschmutzungsstufen, fast gleitende Abänderungen in der Pilzbesiedlung zeigten.

Aufs ganze gesehen liegen die Verhältnisse in der Hunte von Oldenburg bis zur Mündung nicht so. Bei Oldenburg ist sie stark abwasserbelastet und müßte nun flußab, ideal gesehen, Stufen der Selbstreinigung auch in der Pilzbesiedlung erkennen lassen. Sie könnte in dem Falle auf der relativ langen Strecke von 27 km weitgehend vollzogen sein.

Die Tatsachen liegen anders. Die wechselnden Zuwässser aus Sielen und Gräben mit qualitativ unterschiedlichem Wasser, die unterschiedlichen Bodenverhältnisse an der Flußsohle und die Industrie- und Siedlungsabwässer vor der Mündung sind so wirksam, daß von einer kontinuierlichen Besserung der Wasserbeschaffenheit nicht gesprochen werden kann. Das zeigen sowohl die hydrographischen Daten als auch unsere Befunde.

Obwohl die Hydrographie unsere Ergebnisse an manchen Stellen illustriert oder stützt, ist es doch noch eine Frage, ob sie die auffallenden Verhältnisse nahe der km-12-Marke erklärt. Vermutlich muß dazu noch die Bodenmorphologie herangezogen werden. Vielleicht sind die besonderen Bedingungen für diesen Standort auch veränderlich. Dem wäre später noch einmal nachzugehen.

Bemerkenswert ist auch noch ein gewisser Parallelismus in den Spektrenreihen von beiden Exkursionen, besonders wenn wir die Trennungslinie zwischen den beiden zuunterst gezeichneten Gruppen und den darüberliegenden *Phycomycetes*-Anteilen betrachten. Diese Ähnlichkeit besteht, obwohl die Maibefahrung bei wesentlich kühleren Oberflächentemperaturen ausgeführt wurde als die im Juli. Sicherlich wird der Temperatursprung

am Flußboden bei 3 bis 5 m Tiefe nicht in gleicher Stärke vorhanden gewesen sein.

Wir mögen in Anlehnung an die Studie I (1956) in den verschiedenen Prozentsätzen, die für die Mehrheit der Standorte gleichsinnig abgewandelt ist vom Mai bis Juli, einen jahreszeitlichen Einfluß sehen. Es ist aber nicht zu erwarten, daß dieser sich in unterschiedlichen Gewässern oder Flußabschnitten gleich auswirkt. Die früher untersuchten Wasserläufe sind von diesem tidenbewegten, im Vergleich zu jenen tiefen Fluß mit mannigfacher und qualitativ und quantitativ wechselnder Beeinflussung sehr verschieden.

In welchem Maße sich die jahrszeitlichen Befunde von denen der früheren Arbeit unterscheiden, kann an den beiden Summenspektren (Abb. 4) gezeigt werden. Von jeder der beiden Befahrungen sind die Befunde addiert, und danach fertigten wir das Juli- und das Maispektrum an. (Abb. 4).

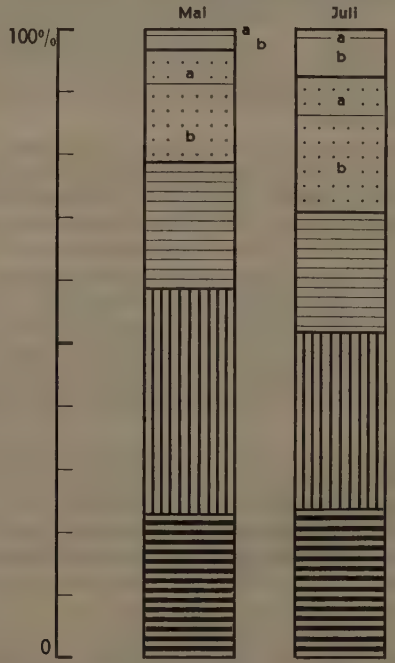


Abb. 4. Gesamtspektren nach den Befundzahlen von den beiden Befahrungen der Hunte im Jahre 1957.

Die Säule des wärmeren Julimonats erscheint hier etwas günstiger als die des kälteren. Daran möchte ich das früher (1956) Gesagte überprüfen.

Damals waren die sexuellen Saprolegnien in den kühlen Jahreszeiten am reichsten vertreten. Eine Reihe von Uferformen wurde damals in den seichten Bächen auch aus dem Wasser gewonnen. Das war bei der Hunte, in der die Proben aus der Tiefe heraufgeholt wurden, nicht möglich. Die jetzt gefundenen (insgesamt acht sexuellen Arten und 60 asexuellen Myzelien) dürften ihre Propagation bei eingetretener Erwärmung erhöht haben, wie schon oben ausgeführt worden ist.

Das damals von Pythien und den *Chytridiales* Gesagte trifft auch für diese Untersuchung zu; ihre günstigste Zeit sind die warmen Monate.

Damals traten die *Fungi imp.* im Hochsommer und Herbst am meisten in die Erscheinung; hier sind ihre Anteile schon im Mai ähnlich wie im Juli.

Diese Unterschiede in Prozenten sind kaum nennenswert; sie weisen aber schon darauf hin, daß für kleine oder große, leichte oder tiefe, ungestörte oder stark beeinflußte, stehende oder tidenbewegte Gewässer die Besonderheiten für die Erklärung der Ergebnisse benötigt werden. Außerdem dürften auch die physiologischen Unterschiede verschiedener Arten in Betracht zu ziehen sein; darauf komme ich in der Schlußbetrachtung noch zu sprechen.

B. Der Unterlauf der Geeste

Nahe dem Dorfe Hipstedt, etwa 25 km östlich Bremerhavens, entspringt auf einer sandigen Bodenwelle von etwa 20 m Höhe die Geeste. Sie durchfließt Moor- und Weideland, entwässert ein Niederschlagsgebiet von 345 qkm und erreicht, besonders im Unterlauf mäandernd, nach etwa 35 km die Weser.

Der von uns befahrene Teil erfaßt nur die unteren 9 km. Seine obere Grenze ist das Schiffdorfer Wehr (Abb. 5, Karte).

Das Wasser dieses beidseitig eingedeichten Teiles hat eine vom oberen Flußlauf sehr verschiedene Chemie. Während im oberen Laufe die moorigen Komponenten den Zustand bestimmen, sind es im Unterlauf der durch die eindringende Flut hereingeführte Salzgehalt und die im Verhältnis zum Wasserkörper beträchtlichen Abwässer der Stadt Bremerhaven und auch der am Ufer stehenden großen industriellen Betriebe.

Über die Hydrographie des Unterlaufes gab Lüneburg (1949) eine Darstellung. Ihr entnehmen wir die folgenden Daten:

Die durchschnittliche Sohlenbreite mißt etwa 5 m, die Tiefe bei MNW 2 bis 3 m. In den tidenmäßig wirksamsten Stunden beträgt die Wasserführung etwa 50 cbm/sec, und der Geschwindigkeitsdurchschnitt liegt zwi-

schen 1 bis 2 km in der Stunde. Der Tidenhub mindert sich von der Mündung bis zum Wehr von etwa 3,50 m auf 2,30 m, und die Zeitrelation Ebbe : Flut ändert sich von 6,5 : 6 bei der Mündung in 7,5 : 5 vor dem Wehr. Um das unreine und salzige Flutwasser von den Gräben und den Weiden im Gebiet oberhalb des Wehres abzuhalten, werden darum die Wehrtore etwa zwei Stunden nach NW geschlossen und erst zwei bis drei Stunden nach dem folgenden HW wieder geöffnet.

Die Zuflußmenge der Abwässer beträgt heute etwa 0,175 cbm/sec; ihre Einmündungen liegen zwischen den Standorten 13 bis kurz unterhalb XI in der Karte.

Die Flut führt diese Verunreinigungen von hier in etwa zwei bis drei Stunden bis in die Nähe des Wehrs. Hier stauen sie sich und werden bis zum Stromkentern laufend gemehrt. Der Grad der Verunreinigung wächst noch, wenn das Wasser bei Ebbstrom die Abwassereinmündungen passiert.

Die ganze untere Geeste ist also reich an organischem Schmutz. Ein Teil sedimentiert. Dieser kontinuierliche Prozeß hat die dicke Schlickschicht zur Folge, die die Flußsohle und die seichteren Hänge der Ufer deckt.

Das pH änderte sich vom Schiffdorfer Wehr mit 6,9 bis nach 7,5 bei der Mündung; der Umschlagpunkt lag nahe der Eisenbahnbrücke (etwas oberhalb der Station 11 auf der Karte). Der anfänglich leicht saure Charakter rührt vom Moorwasser her, das als Oberwasser bei geöffnetem Wehr abwärts zieht. — Der Salzgehalt betrug im niederschlagreichen Winter an der Mündung 5 bis 6 ‰ und nahm bis zum Wehr auf weniger als 1 ‰ ab. In trockeneren Zeiten ist das Gefälle größer. Das langjährige Mittel der Weser querab der Geestemündung ist 10 ‰. — Nahe der oberen Grenze des oligohalinen Wassers, die etwa 2 km unterhalb der Eisenbahnbrücke zu suchen war, bei 2 bis 3 ‰ Salzgehalt, hatte die Trübung ihr Maximum. Von hier flußauf- und -abwärts wurde sie merklich schwächer. — Die Nitritwerte wachsen von der Mündung mit 30 γ/l bis auf 50 γ/l zwischen Torfplatz und der Rickmersschen Werft an, sind von da weiter geesteaufwärts Schwankungen unterworfen, nehmen am Wehr auf 30 γ/l ab und sinken oberhalb desselben sturzhaft auf < 10 γ/l. — Die organische Substanz steigt von der Mündung bis etwa zur Station 13 an und fällt erst beim Wehr stark ab. Oberhalb der Station 13 sind den Abwasserkomponenten torfige Anteile beigemischt.

Diese Werte sind Jahresmittel, die Lüneburg aus den Analysen von sechs Niedrig- und acht Hochwasserfahrten während des Untersuchungsjahres 1947/48 errechnet hat. Die reellen Einzelwerte sind von so vielen örtlichen und zeitlichen Faktoren abhängig, daß die Streuung erheblich sein kann. Das zeigen auch seine Kurven der Mittel aus den Niedrig- und Hochwasserreihen.

Die biologische Mittelung für das Faktorenbündel, die für die obigen Daten des Hydrographen noch durchzuführen wäre, haben wir für diese

Abb. 5: Der Unterlauf der Geeste

Untersuchung der Mykoflora überlassen. Damit klingt wieder unsere eigentliche Problemstellung an, nämlich, zu sehen, ob die Pilzgesellschaften an den gewählten Standorten zuverlässige Aussagen oder Veranschaulichungen über den Gütezustand des darüber befindlichen Wassers geben können. Dieser Fluß ist das vierte Untersuchungsgebiet dafür.

Wir befuhren den Unterlauf der Geeste zweimal, am 8. Juni und am 3. September 1957. Die mittäglichen Temperaturen an der Wasseroberfläche (mitgeteilt von der Wetterstation Bremerhaven) während der vierzehn Tage vor den Exkursionen lagen beim ersten Male zwischen 12,8 und 15,7 (Mittel 14,08) ° C und beim zweiten Male zwischen 15,4 und 18,1 (Mittel 16,54) ° C. Das Intervall der Mittel ist wesentlich kleiner als das bei den beiden Hunteexkursionen.

Auf der Junibefahrung wurden an 14, auf der im September an elf Stationen Proben gezogen. Die Standorte lagen nicht immer an der gleichen Stelle. Darum sind die aus dem Juni nördlich (im Kartenbild oberhalb) des Flusses mit arabischen Ziffern bezeichnet, und die aus dem September sind in römischen Ziffern auf dem anderen Ufer eingetragen.

Ein Blick auf die Karte zeigt im Juni neben den erwähnten 14 Stationen noch zwei weitere, 15 und 16. Sie wurden als Verlängerung der Probenreihe von einer früheren Weserexkursion vom 21. Januar 1957 dazugenommen. Das Ansteuern dieser beiden Punkte mit dem vollbesetzten Schlauchboot erschien uns an den Exkursionstagen im Juni und September in Rücksicht auf Wind, Regen und Schiffsverkehr nicht ratsam. Während die Befundzahlen der Station 15 mitverrechnet sind, haben wir die des Standortes 16 nicht eingeschlossen. Die Station 16 gehört der Weser an und ist nur aus Vergleichszwecken mit aufgeführt.

1. Die Befahrung am 8. Juni 1957.

Von 14 Standorten wurden 28 Proben eingebracht. Wir gliedern sie in drei Gruppen; die erste enthält elf Bodenproben von der Flußsohle, die zweite 14 Bodenproben aus dem Tidenhubgürtel und die dritte drei Schabselproben von holzigen Substraten, Pfählen, auch aus der Tidenhubzone.

Die Proben der ersten Gruppe wurden mindestens 1 m unter der Niedrigwasserlinie entnommen, so wie wir es auch bei der Hunte machten. Befunde von dort und von diesen Proben sind darum unmittelbar vergleichbar und werden zuerst behandelt. Danach folgt die Betrachtung der Ergebnisse von den Bodenproben und den holzigen Substraten aus der Tidenhubzone.

Die elf Bodenproben von der Flußsohle entnahmen wir aus den Standorten 3 (2), 4 (1), 7 (2), 8 (2), 10 (2) und 15 (2); eingeklammert steht die dem Standort entnommene Zahl der Proben.

Artenliste	Sohlenproben der Standorte 3	4	7	8	10	15
Pythiaceae						
sexuelle Formen						
Pythium monospermum				1	1	
Pythium graminicolum					1	
asexuelle Formen und Myzelien						
Pythium inflatum					1	1
Pythium spec. fädige Sporangien			1	1	1	
Chytridiales						
Rhizophydium simplex	1					
Rhizophydium sphaerotheca	1					
Rhizophydium sphaerocarpum		1				
Rhizophydium gibbosum			1			
Rhizophydium sciadii			1			
Rhizophydium globosum				1	1	
Rhizophydium spec.					1	
Olpidium luxurians	1					
Chytridium sphaerocarp.				1		
Zygochytrium aurantiacum					1	
Fungi imp.						
Fungus imp. spec. I	2	1	2	2	2	2
Fungus imp. spec. II	2		1	1	1	2
Organismen des Illuvies						
Cladothrix dichotoma	1	1	2	2	2	2
Zoogloea ramigera	1			2		1
Thiothrix nivea				1	1	1

		Standorte 3		4		7		8		10		15	
		Befunde	%	Befunde	%	Befunde	%	Befunde	%	Befunde	%	Befunde	%
Saprolegniaceae	sexuell	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	asexuell	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Pythiaceae	sexuell	—	—	—	—	—	—	1	8,3	2	15,4	—	—
	asexuell	—	—	—	—	1	12,5	1	8,3	2	15,4	1	11,1
Chytridiales		3	33,3	1	33,3	2	25,0	2	16,6	3	23,0	—	—
Fungi imp.		4	44,4	1	33,3	3	37,5	3	24,9	3	23,0	4	44,4
Organismen des Illuvies		2	22,2	1	33,3	2	25,5	5	41,5	3	23,0	4	44,4
		9	99,9	3	99,9	8	100,0	12	99,6	13	99,8	9	99,9

Tabelle 4: Anteilerrechnung für die Junibefunde von der Geeste (1957)

Auffallend ist die Kürze der Liste. Die Saprolegnien fehlen ganz, und die Pythien sind nur durch drei oder vier Formen vertreten. Am formenreichsten ist die Gruppe der *Chytridiales* geblieben, alle ihre Angehörigen bleiben aber Einzelfunde.

Die Liste der diagnostizierten Arten birgt gegenüber jenen von der Huntemündung nur wenige Neuerungen. Die Pythien sind uns schon wiederholt in verschmutzten Habitaten begegnet, und bei den *Chytridiales* sind nur die beiden je einmal aufgefundenen Rhizophydien *(R. simplex* und *R. gibbosum)* neu.

Den ärmsten Befund gab der Standort 4, den reichsten der Standort 10. Die beiden Proben vom letzteren waren von der Steilkante des Südufers genommen. Es bestand aus hartem Boden, der von einer dünnen, schlickigen Haut überzogen war. Alle anderen Proben waren von dem weichen Schlick, der die Flußsohle und seine flachen Hänge dick bedeckt.

Von den sieben Säulen in der Abb. 6 gehört die rechts stehende, vom Standort 16, nicht der Geeste, sondern der Weser an. Sie wurde wieder zum Vergleich aufgeführt. Dieser Standort kann vom einmündenden Geestewasser nicht oder doch nur außerordentlich verdünnt gelegentlich bei besonderen Strom- und Windverhältnissen erreicht werden. Denn das während der Ebbtide ausfließende abwasserbeladene Geestewasser wird sofort vom Weserstrom ufernah abgedrängt und gemischt. Die Befunde dieser Stelle sind darum bei den Prozenterrechnungen nicht mit aufgenommen.

Erinnern wir uns, daß die zusammengefaßten Anteile der beiden unteren Gruppen, Illuviesorganismen und *Fungi imp.,* das primär wichtige Kriterium für die Belastung mit organischen Abfällen ist, dann erscheinen die Spektren von den Standorten 3, 4, 7 und 8 recht uniform. Die leicht zunehmende Aufgliederung der oberen Spektrenteile der Stationen 7 und 8 ist wohl örtlich zu erklären. Nur Einzelfunde haben sie herbeigeführt. Wir sind auch schon andernorts ähnlichen Einzelfällen begegnet. In der Hunte beim abwasserreichen Standort Oldenburg wurden zwei sexuelle Saprolegnien und Pythien gefunden, und in der Weser im Halbkreis um die Einmündungsstelle der stadtbremischen Abwässer begegneten uns gleichgelagerte Fälle. Es mag sein, daß z. B. beim schnellen Übergang des NH_3 — Nitrit — Nitrat Zonenbänder um festliegende Mündungsplätze entstehen, die ihre besondere Lebewelt haben, sei es, daß sie autochthone Formen bergen oder weniger determinierte Formen begünstigen oder beide Anpassungsgrade gemischt enthalten. Es sind auch andere Umsetzungsvorgänge mit ähnlicher Auswirkung möglich. Jede der unterschiedenen Pilzgruppen kann solche oder geeignete Vertreter enthalten, wenn auch, wie unsere Aufsammlung zeigte, in sehr verschiedener Zahl.

Aus der Reihe fällt das Spektrum des Fundortes 10 durch seine gleichmäßigere Gliederung heraus. Sie ist nicht durch Pilzarmut erklärt. Im Gegenteil, in den Proben von hier sahen wir mehr Formen als in den

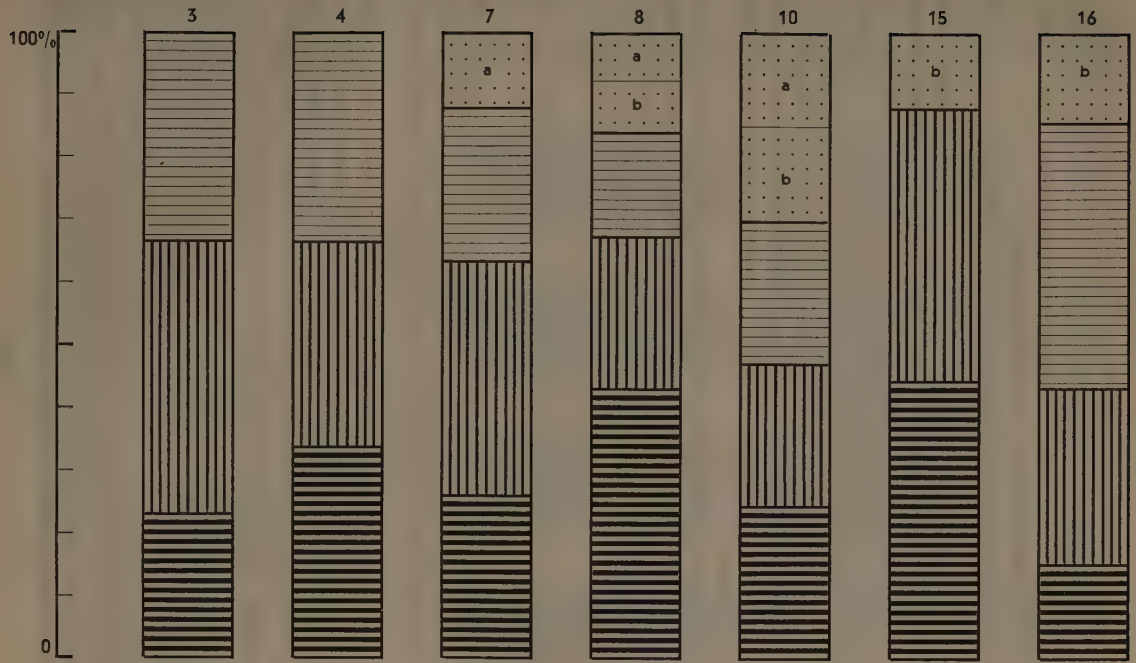


Abb. 6. Standortspektren für die Geeste (Flußsohle); Junibefahrung 1957.

anderen. Wir erwähnten zuvor schon die Morphologie der Entnahmestelle. Die bodenharte Steilwand des Ufers ist ein anderes Habitat als der Schlick der Flußsohle. Die Artenauswahl ist nicht anders, sondern die relative Häufigkeit der Arten ist nur anders. Eine solche Zäsur in einer Reihe von Ähnlichkeiten ist ein Wegweiser für die Standortauswahl.

Das Spektrum der Station 15 spiegelt die sehr ungünstigen Verhältnisse im Geesteauslauf wider. Vielleicht ist hier der Zufluß aus dem Fischereihafen mit wirksam, der, wenn auch nicht ständig, so doch stoßweise wirkt. Die schmutzanweisenden zuunterst stehenden beiden Organismengruppen liefern hier 88,8 %, statt, wie weiter flußauf, 62 bis 67 %. Auffallend ist beim Standort 15, daß die pollenbesiedelnden Chytridiales, die wohl sonst immer durch tolerierende Angehörige vertreten waren, hier fehlen. Im Protokoll ist vermerkt, daß die Menge der Pollen bei der Durchsicht nach der Köderzeit von fünf Tagen nicht mehr vorhanden war. Vielleicht sind sie von den tierischen Schlick- und Schlammbewohnern gefressen worden. Die wenigen übriggebliebenen Pollen, im Schlamm verteilt, ließen keine Infektion erkennen.

Die letzte Säule in der Reihe gibt die pilzliche Ausbeute vom 15 m tiefen Standort 16 in der Weser, querab der Geestemündung. Sie zeigt die gleichen Pilzgruppen, aber in anderen Anteilen. Das Habitat ist anders als die in der Geeste betrachteten. Die Schmutzkomponenten sind viel schwächer, und das Wasser wird darum qualitativ besser sein. Es ist jedoch zu bedenken, daß hier ein höherer Salzgehalt wirksam ist.

Aus der T i d e n h u b z o n e brachten wir von sieben Standorten je zwei, insgesamt 14 Bodenproben ein. Die Stationen sind auf der Karte mit 1, 2, 5, 6, 12, 13 und 14 bezeichnet.

Die aus diesen Proben gewonnene Artenzahl ist reicher als jene aus den vorerwähnten behandelten Flußsohlenproben. Aber alle diagnostizier-

		Standorte: 2		5		6		12		13		14	
		Befunde	%	Befunde	%	Befunde	%	Befunde	%	Befunde	%	Befunde	%
Saprolegniaceae	sexuell	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	asexuell	1	7,7	—	—	—	—	1	7,7	—	—	1	6,3
Pythiaceae	sexuell	—	—	1	10	—	—	—	—	—	—	1	6,3
	asexuell	3	23,1	1	10	2	18,2	3	23,0	1	10,0	3	18,7
Chytridiales		3	23,1	2	20	3	27,3	2	15,3	1	10,0	4	25,0
Fungi imp.		4	30,8	4	40	4	36,3	4	30,8	3	30,0	4	25,0
Organismen des Illuvies		2	15,3	2	20	2	18,2	3	23,0	5	50,0	3	18,7
		13	100,0	10	100	11	100,0	13	99,8	10	100,0	16	100,0

Tabelle 5: Anteilerrechnung für die Junibefunde aus der Geeste-Tidenhubzone (1957)

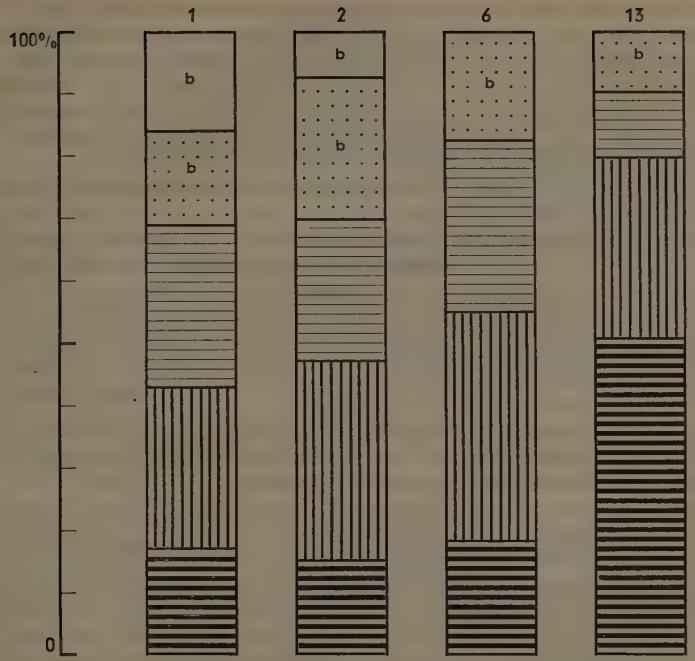


Abb. 7. Standortspektren für die Geeste-Tidenhubzone; Juni 1957.

ten Formen sind schon bei der Hunte oder Geeste genannt. Darum lassen wir die Artenliste hier ausfallen, zeigen nur die Anteile der Pilzgruppen an den verschiedenen Standorten in der Tabelle und bringen dann eine Auswahl von vier der sieben Standortspektren.

Diese Viererreihe der Abb. 7 zeigt eine kontinuierlich steigende Verschlechterung deutlicher als die Spektren von der Flußsohle. Die Anteile schmutzausweisender Pilzgruppen sind anfänglich nicht so groß wie nachher, wachsen flußabwärts und erreichen bei Standort 13 sogar 80 %. Kompensiert wird diese Zunahme durch die Abnahme bzw. das Austreten der oberen Gruppe.

Das erste Spektrum ist für den Standort 1 gezeichnet. Er liegt 20 bis 30 m oberhalb des Schiffdorfer Wehres. Die Proben sind von der Abbruchkante des südlichen Ufers etwas oberhalb der Niedrigwasserlinie gewon-

nen. In Übereinstimmung mit den eingangs mitgeteilten hydrographischen Daten ist hier die geringste Abwasserbelastung festgestellt. Das letzte Spektrum, das der Station 13, ist der Platz größter Trübung, höchster Mengen an organischer Substanz, hoher Nitritwerte und ist nahe der Grenze zwischen oligo- und mesohalinem Wasser und nahe dem Umschlagspunkt des pH. Auch damit sind Übereinstimmungen zwischen den hydrographischen Werten und den mykologischen Ergebnissen aufgezeigt.

Es bleiben noch die nicht durch Spektren dargestellten Stationen 5, 12 und 14 zu besprechen.

Station 5 fügt sich, wie die Tabelle 5 ausweist, gut in die Reihe ein. — Die Station 12 hat ähnliche Anteile an Illuviesorganismen und *Fungi imp.* wie Station 6, aber andere der Phycomyceten. Die Saprolegnien und Pythien sind auf Kosten der *Chytridiales* gewachsen. Das wird bewirkt durch das Auftreten einer asexuellen *Saprolegnia* spec. und eines asexuellen Pythiums und der Minderung der *Chytridiales* von drei auf zwei. Eine besondere Ursache für diese kleinen Verschiebungen im oberen Teil des Spektrums ist nicht erkannt; darum soll ihre Bedeutung auch nicht überschätzt werden, denn sie sind für die Beurteilung der Abwasserbelastung dem Zeigerwert von den Anteilen der beiden zuunterst im Spektrum gezeichneten Pilzgruppen nachgeordnet.

Dagegen liegen die mykologischen Befunde für den Standort 14 etwas schwieriger. Dessen Spektrum ähnelt als Ganzes dem vom Standort 2. Die sieben Arten beim ungünstigsten Standort 13 vermehren sich 2,5 km flußabwärts bei Station 14 auf zwölf. Gegenüber der Station 12 bleibt bei Station 14 ein Schmutzorganismus *(Thiothrix nivale)* aus, drei *Chytridiales,* zwei Pythien und eine Saprolegnie kommen hinzu. Das Ab- bzw. Zuwandern solcher Formen weist auf eine Besserung des Wassers hin, zumal die einzige gefundene sexuelle Form, *Pythium artotrogus* ist, das sich sowohl gegen niedere Salzgehalte als auch gegen mittlere Schmutzverhältnisse tolerant verhält. Nur ist diese Besserung, 2,5 km abwärts von der gefundenen Stelle größter Verschmutzung, durch dieses eine Spektrum nicht so nachgewiesen, daß Zufälligkeiten ausgeschlossen wären. Die Proben wurden in der oberen Hälfte eines seichten Schlickhanges von der Oberfläche geschöpft. Die nahe Uferbank bröckelte. Es mag also sein, daß beim sinkenden Ebbewasser Pilze durch Erdteilchen vom Lande mit in die Tidenhubflächen gebracht worden sind oder daß treibende Hölzer oder andere Substrate hier trockengelaufen sind oder von ihrer Fracht verloren haben. — Seit dieser Erfahrung entnehmen wir dem Schöpfer jeweils nur noch eine Probe, es sei denn, er ist ein genügend großer Bodengreifer.

Weiter mündungswärts haben wir keine Proben mehr genommen. Die Ufer sind durch Kaimauern abgestützt, und trockenfallende Bänke gibt es im letzten Teil des Flußlaufes nicht mehr; es seien denn einzelne, verlandende, seitliche Nischen.

Die Bodenproben der Tidenhubzone zeigten uns nach den Pilzbefunden die stärkste Abwasserauswirkung beim Standort 13. Bis zum Wehr hin nimmt der Effekt leicht ab, und mündungswärts ist unsere Beurteilung wegen des einzigen Standortes noch unsicher.

Von holzigen Substraten, Pfählen, schälten wir während der Ebbezeit den niedrigen Bewuchs ab und gewannen drei Schabselproben von zwei Standorten (9 und 11). Alle bestimmten Arten sind auch von den oben behandelten Bodenproben genannt. Darum werden die Befunde aus allen drei Proben in einem Spektrum gezeigt (Abb. 8), und dieses soll kontrastiert werden mit den Gesamtspektren für die Bodenproben von der Flußsohle und denen aus der Tidenhubzone.

Überblicken wir zuvor noch einmal die Ergebnisse der mykologischen Ausbeute aus den drei Probengruppen, dann zeigt sich, daß in elf Bodenproben von der Flußsohle 20 Arten beobachtet wurden, in zwölf Bodenproben vom Tidenhubgürtel 31 und in drei Schabselproben von Holz in der Tidenhubzone 14.

Diese Zahlen würden charakteristischen Wert bekommen, wenn die Probenzahlen gleich wären. Das sind sie aber nicht. Dennoch ist die Differenz zwischen den beiden ersten Gruppen bezeichnender als zwischen diesen und der dritten Gruppe. Das entspricht auch der Vermutung oder der Erwartung. — Es sind von der Flußsohle keine Saprolegnien eingebracht worden, wohl aber von beiden Probengruppen des Tidenhubs.

Leichter ergeben sich Charakterzüge der Pilzbesiedlung aus den prozentualen Anteilen der Pilzgruppen aus den drei Standortgruppen, die nach den Befundzahlen errechnet sind. Die nachfolgende Tabelle gibt sie, und in den drei Gruppenspektren sind sie veranschaulicht.

		Flußsohle		Tidenhubzone			
		Bodenproben		Bodenproben		Holzschabsel	
		Befunde	%	Befunde	%	Befunde	%
Saprolegniaceae	sexuell	—	—	—	—	—	—
	asexuell	—	—	3	4,1	2	8,7
Pythiaceae	sexuell	3	6,7	2	2,7	—	—
	asexuell	4	8,9	13	17,8	4	17,4
Chytridiales		11	24,4	15	20,5	3	13,0
Fungi imp.		14	31,1	23	31,5	7	30,4
Organismen des Illuvies		13	28,9	17	23,3	7	30,4
		45	100,0	73	99,9	23	99,9

Tabelle 6: Anteilerrechnung für die Befunde aus den drei Habitatsgruppen der Geeste; Juni 1957

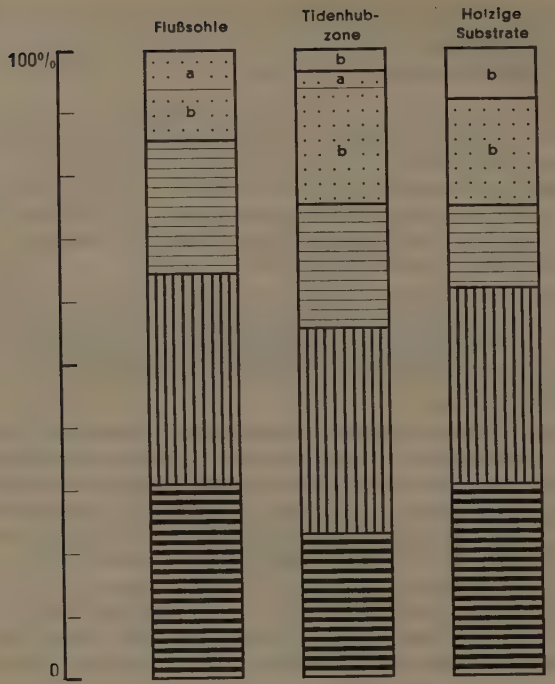


Abb. 8. Gesamtspektren nach den Befunden aus den Proben von der Flußsohle, der Tidenhubzone und von den holzigen Substraten aus der Geeste, Juni 1957.

Die zunächst überraschende Feststellung ist, daß in allen drei Säulen sich die Anteile der Illuviesorganismen und der *Fungi imp.* sehr ähnlich sind, und weiter bestätigt sich die Vermutung, daß die Anteile der Saprolegnien und Pythien eine gleitende Reihe bilden. Eine Störung dagegen ist, daß sich unter den holzbewohnenden Pythien keine sexuelle Art fand. — Solche Gruppenspektren konnten von der Huntebefahrung nicht gezeichnet werden, weil alle Standorte vom Flußboden genommen waren. Es bleibt aber die Möglichkeit, die Zuverlässigkeit der obigen Feststellungen an den Ergebnissen der nächsten Geestebefahrung zu überprüfen.

2. Die Geestebefahrung am 3. September 1957.

Die Fahrt begann eine Stunde vor Niedrigwasser. So passierten wir Bänke und Hänge der Tidenhubzone in frei- oder trockengelaufenem Zustande.

Wie in dem einleitenden Abschnitt der Geestebehandlung (p. 238) gesagt wurde, betrug die mittlere Wassertemperatur während der dieser September-Exkursion voraufgehenden zwei Wochen 16,5° C, die der zweiwöchigen Zeit vor der Junibefahrung 14,0° C. Die Differenz ist nicht groß. Es ist aber zu bedenken, daß in der gleichlangen Zeit vor der Julibefahrung der Hunte das Mittel bei 20,5° C lag. Das heißt für die mykologische Ausbeute, daß die wärmeliebenden fädigen Phycomyceten, insbesondere die Saprolegnien, zwischen den Terminen der beiden Geestebefahrungen ihr Propagationsoptimum gehabt haben. Darum werden jetzt im Anfang September noch solche Formen vorhanden sein, die sich in den kühleren Juniwochen nicht gezeigt haben. — Erinnert sei daran, daß die Stationsplätze dieser Exkursion auf der Karte (Abb. 5) mit römischen Nummern verzeichnet sind.

Insgesamt wurden 21 Proben von elf Standorten eingebracht. Werden sie wieder nach drei Standortgruppen aufgeteilt, waren es sechs Bodenproben von drei Standorten der Flußsohle, elf Bodenproben von fünf Stationen der Tidenhubzone und vier Schabselproben von Holz in der Tidenhubzone.

Die Befunde werden in der Liste dieses Mal nach den drei Standortgruppen aufgeführt. Darum folgen anschließend auch drei Gruppensektren und keine Standortspektren, wie bei den vorigen Exkursionen. Das kann geschehen, weil sich die wenigen Änderungen in der Spektrenreihe gegenüber jener vom Juni leicht sagen lassen. Das überraschende Ergebnis der Ähnlichkeit in der letzten Abbildung soll aber überprüft werden.

Artenliste	Standorte: Flußsohle 6 Bodenproben	Tidenhubzone 8 Bodenproben	Tidenhubzone 4 Proben Holzschabsel
Saprolegniaceae			
sexuelle Formen			
Brevilegnia subclavata		1	
Thraustotheca clavata			1
asexuelle Formen und Myzelien			
Dictyuchus sterile	1	2	
Saprolegnia spec.		1	1
Achlya spec.	1		
Thraustotheca spec.	1		
Calyptralegnia spec.			2
Pythiaceae			
sexuelle Formen			
Pythium inflatum		1	
Pythium pulchrum			2
asexuelle Formen und Myzelien			
Pythium inflatum	1	1	

Artenliste	Standorte: Flußsohle 6 Bodenproben	Tidenhubzone 8 Bodenproben	Tidenhubzone 4 Proben Holzschabsel
Pythium megalacanthum	1	1	1
Pythium proliferum		1	
Pythium diacarpum		1	
Pythium pulchrum	1		
Pythium spec. kugelige Sporangien		3	
Pythium spec. fädige Sporangien	6	2	2
Chytridiales			
Phlyctochytrium biporosum		1	
Phlyctochytrium equale		1	
Phlyctochytrium vernale		1	1
Phlyctochytrium spec. aff. *hallii*	1	1	
Rhizophydium mamillatum		1	
Rhizophydium sphaerocarpum		1	
Rhizophydium pollinis pini	1		
Olpidium luxurians	5	2	
Olpidium pendulum		1	
Rhizoclosmatium globosum	2	1	
Synchytrium spec.			2
Fungi imp.			
Fungus imp. spec. I	6	6	4
Fungus imp. spec. II	6	5	2
Fungus imp. spec. III	1	2	
Asterothrix sessilis	1	2	
Organismen des Illuvies			
Cladothrix dichotoma	6	8	4
Leptomitus lacteus		1	
Thiothrix nivea		2	
Zoogloea ramigera	4	2	2

		Flußsohle Bodenproben Befunde	Flußsohle Bodenproben %	Tidenhubzone Bodenproben Befunde	Tidenhubzone Bodenproben %	Tidenhubzone Holzschabsel Befunde	Tidenhubzone Holzschabsel %
Saprolegniaceae	sexuell	—	—	1	1,9	1	4,2
	asexuell	3	6,7	3	5,8	3	12,5
Pythiaceae	sexuell	—	—	1	1,9	2	8,3
	asexuell	9	20,0	9	17,3	3	12,5
Chytridiales		9	20,0	10	19,2	3	12,5
Fungi imp.		14	31,1	15	28,8	6	25,0
Organismen des Illuvies		10	22,2	13	25,0	6	25,0
		45	100,0	52	99,9	24	100,0

Tabelle 7: Anteilerrechnung für die Befunde aus den drei Habitusgruppen der Geeste; September 1957

Erstmalig treten drei Saprolegniaceengattungen auf: *Brevilegnia, Thraustotheca* und *Calyptralegnia;* ihre sexuellen Myzelien fanden sich nur in der Tidenhubzone. Neuerscheinungen sind auch das sexuelle *Pythium pulchrum* am Holz und *Pythium diacarpum* auf den trockengelaufenen Schlickbänken. Vom letzteren Habitat sind auch die selteneren: *Rhizophydium mamillatum* und *Phlyctochytrium biporosum* zu nennen und außerdem *Leptomitus lacteus.*

Wenn auch die Standortspektren nicht erscheinen, seien doch einige Angaben darüber gemacht.

In der Reihe der Säulen für die Bodenproben aus der Tidenhubzone (Stationen I, II, III, IV und X) stiegen die gemeinsamen Abschnitte der Illuviesorganismen und *Fungi imp.* in modellhafter Weise treppenartig von 38 % bei I auf 58 % bei IV und lagen bei X immer noch bei 56 %. Eine Verschiebung im oberen Teil bewirkte das Auftreten einer sexuellen Saprolegnie, *Brevilegnia subclavata,* bei Standort IV, der nahe dem Standort 8 der Juniexkursion liegt.

Von der Flußsohle nahmen wir die Proben bei V und aus dem schmutzigsten Abschnitt bei den Standorten VII und IX. Die Anteile der besonderen Schmutzausweiser lagen bei VII mit 60 % am höchsten, sonst betrugen sie 58 % und 44 %. Die Auflockerung im oberen Spektrumteil bringen wieder einige Saprolegnien, und zwar asexuelle bzw. Krüppelmyzelien.

Die drei Entnahmestellen der Holzschabsel lagen bei den Stationen VI, VIII und XI. Bei VIII wurden die Schabsel kurz über der NW-Linie, bei VI 20 cm und bei XI 60 und 150 cm darüber entnommen. Diese Messungen verraten verschiedene Längen der Benetzungsdauer. Darum sind auch die Ausbeuten verschieden. Bei VIII (am Werfthelgen) dominierten stark die Schmutzanweiser, bei VI traten schon Pythien und die sexuelle *Thraustotheca* hinzu, und bei XI war die Befundzahl dieser beiden Gattungen noch vermehrt.

Die Änderung in der örtlichen Besiedlung, die eine Besserung der Lebensbedingungen vom unteren nach dem höher liegenden Standort parallelisiert, kann auch als eine Flucht vor den lebensbedrohenden Faktoren gedeutet werden. Je länger die Benetzungsdauer währt, um so nachteiliger wirkt sie sich auf das Pilzmosaik aus. Daß aber die Oomyceten an der höhergelegenen Stelle bei XI die mehrstündige Ebbetide überdauern können, dürfte durch den Feuchtigkeitsgehalt der etwas aufgeweichten Holzoberfläche und den Algenbewuchs ermöglicht werden. Begünstigend, besonders für die dickhyphigen Saprolegnien, mag sich auch die regenreiche Zeit (Sommer) ausgewirkt haben.

Die Abb. 9 enthält nur die Spektren für die drei Standortgruppen nach den Ergebnissen der Septemberbefahrung. Sie zeigen eigentlich das, was oben an charakteristischen Zügen einzeln herausgearbeitet worden ist.

Die Anteile der Illuviesorganismen und der *Fungi imp.* sind für alle drei Säulen fast gleich. Das Mosaik in den oberen Teilen wird von links

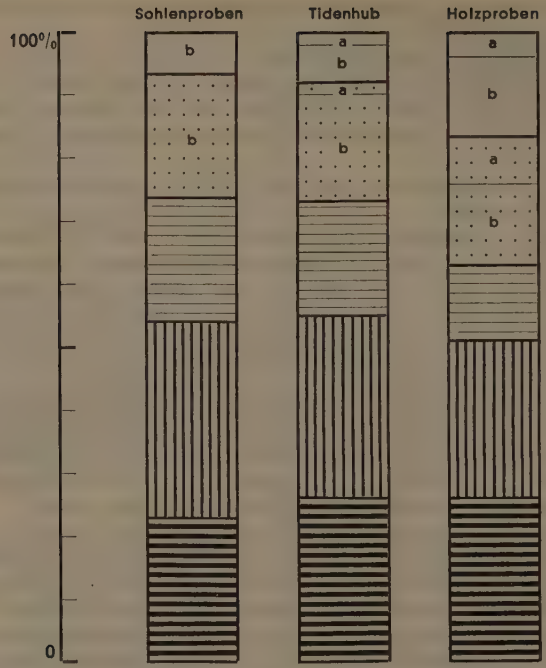


Abb. 9. Spektren für die Befunde in den drei Habitatsgruppen; Geeste, Sept. 1957.

nach rechts lebhafter. Dies geschieht durch das Auftreten der sexuellen Myzelien (Spektrum 2) und ihr zahlenmäßiges Anwachsen (Spektrum 3).

Parallel damit geht die Auflockerung der ungünstigen Bedingungen an der Flußsohle durch die Verkürzung der Benetzungszeiten, die Zunahme der Durchlüftung und das Auswaschen der freiliegenden Oberflächen durch die in diesem Sommer häufigen Niederschläge in der Tidenhubzone.

Schlußbetrachtung

Es ist der Versuch fortgesetzt worden, einen längeren Wasserlauf in seinen Abschnitten und als Ganzes durch seine Pilzbesiedlung zu charakterisieren.

Einige Besonderheiten der gewählten Untersuchungsmethode und ihrer Auswirkung müssen erwähnt werden. Einige Gruppen klar l u f t angepaßter Pilze sind von der Aufnahme ausgeschlossen worden, das sind Angehörige

der Penicillien, Aspergillen und *Mucorales*. Diese Pilze sind praktisch allenthalben auf dem Lande und damit im limnischen Bezirk anwesend oder können dort durch Luftzug oder windgetragene Substrate jederorts und jederzeit erscheinen. Sie stören auch im Labor in den Rohkulturschalen, und zwar gewöhnlich dann, wenn die Probenerde oder die oberen Teile der großen Köder (etwa Hanfsamen oder Maiskornteile) nicht ganz vom Wasser bedeckt sind. Diese Pilze steigen dann in kurzer Zeit in das Wasser hinab und bilden auch submerses Myzel. Ähnlich verhalten sie sich auch an vielen unvermuteten Plätzen, sei es in fast gesättigten Kupfervitriollösungen, Meerwasser oder Jauche. Ihre physiologische Anpassungsfähigkeit ist staunenswert. Mag darum ihre ökologische Leistung insgesamt gesehen außerordentlich bedeutsam sein, bei unserer bevorzugten Ködermethode hätten sich bei Einschluß dieser Gruppen mehr Irrtümer ergeben können, als für die hier geübte Auswertung erwünscht gewesen wäre. Ein Weiserwert wird ihnen wegen ihrer großen Verbreitung kaum zukommen.

Es ist nun eine neue Frage, ob der Ausschluß tatsächlich gelungen ist, ob nicht doch, wenn auch unbeabsichtigt, steriles Myzel einer solchen Art angehört und die Auswertung beeinflußt hat. Diese Fehlermöglichkeit muß zugegeben werden, sie ist aber von uns immer wieder bedacht und soweit wie möglich beseitigt worden, sei es durch wiederholte Durchsicht oder auch gelegentliche Agarbeschickung.

Auch nicht aufgenommen sind die bakteriellen Eisenorganismen (z. B. *Siderocapsa, Ochrobium, Gallionella, Leptothrix, Crenothrix, Sideromyces*). Sie werden von den Algologen als Indikatoren für humöse Einflüsse gewertet. Das zu zeigen, war unsere Absicht hier nicht. Die ökologische Mykologie des Wassers steht noch am Anfang. — Diese Organismen sind aber in allen Wasserläufen unseres Raumes, die Industriewässer führen, gefunden worden. Darauf einzugehen bleibt einer späteren Arbeit vorbehalten.

Zwei weiterer methodischer Umstände ist noch zu gedenken. — Wir haben nur die Befunde berichtet, die an unseren Ködern beobachtet worden sind. Es ist damit nicht gesagt, daß die Ausbeute der Proben erschöpfend war. Neue Köder mögen noch andere Formen bringen. — Zum anderen: Während des Vorjahres, als diese Bearbeitung lief, konnten wir die Rohkulturen nur bei Zimmertemperaturen halten und beobachten.

Da die Exkursionen vom Mai bis zum September stattfanden, im wärmeren Halbjahr also, dürften wohl wesentliche Ausfälle dadurch nicht eingetreten sein.

Diese Hinweise sollen sagen, daß die Ergebnisse durch die Arbeitspraktiken mit bedingt sind; diese schließen ein: eine gewisse Artenbeschränkung, Köderauswahl und Behandlung bei Zimmertemperatur.

Betrachten wir noch einmal die Artenlisten von den beiden Flüssen, so ist festzustellen, daß die der Hunte in beiden Fällen in fast jeder Organismengruppe reichhaltiger ist als die der Geeste.

Während die Flußsohle der Hunte drei sexuelle Saprolegnien lieferte, brachten uns die entsprechenden Standorte der Geeste keine, wohl aber deren Tidenhubzone. — Drei sexuellen Pythien in der Hunte aber stehen insgesamt vier der Geeste gegenüber. Die Liste der asexuellen Myzelien ist wiederum bei der Hunte etwas länger. — Auch der *Chytridiales* hat die Hunte etwas mehr. — Bei den *Fungi imp.* wurde die Bestimmung in den meisten Fällen noch nicht durchgeführt. Darum läßt sich Gültiges nicht sagen, obwohl es wahrscheinlich ist, daß die Hunte auch hier die größere Auswahl bietet. — Die Illuviesorganismen sind in allen Untersuchungen fast immer die gleichen.

Diese Minderung der Artenzahl, die hier die Geeste gegenüber der Hunte zeigt, begegnete uns auch bei den entsprechenden Untersuchungsabschnitten in der Studie I (1956). Dort waren die Unterschiede im Dobrockbach, von der Quelle bis zum Molkereigrabenabschnitt, noch viel einschneidender. Dort blieben z. B. von 16 sexuellen Saprolegnien im Quellenabschnitt nur zwei übrig und von neun sexuellen Pythien nur drei (Juniexkursion 1955). Die gleiche Feststellung ließ sich auch vom Be- und Entwässerungssystem in Butjadingen machen. Die relativ reineren Abschnitte der Wasserläufe hatten eine mannigfaltigere Pilzflora als ihre schmutzigeren Teile. Die Mannigfaltigkeit bezog sich zunächst auf das Vorhandensein der unterschiedenen Pilzgruppen und dann auch auf die Zahl ihrer Angehörigen.

Die zunehmende Verschmutzung durch Abwässer prägt sich im Rahmen unserer Beobachtung darin aus, daß mit dem Abnehmen der sexuellen Saprolegnien deren asexuelle Myzelien zunächst übrig bleiben und dann auch ausgemerzt werden.

Ehe das vollzogen ist, beginnt bei den meisten Arten der Pythien die gleiche Erscheinung. Immer vorhanden, wenn auch in wechselnder Zahl und nicht im obigen Sinne determiniert, waren die *Chytridiales, Fungi imp.* und Illuviesorganismen.

Dieses gleitende Schema der V e r a r m u n g wird aber unterbrochen von Ausnahmen. Sie werden verursacht von Arten mit g r o ß e r T o l e r a n z gegenüber den Abwässern oder von solchen mit s p e z i f i s c h e r Anpassung. Die Formen mit großer Toleranz sind augenscheinlich bei den Saprolegnien ganz selten, bei den Pythien sind schon einige zu nennen, und bei den *Fungi imp.* ist die Zahl am größten. — Von Arten, die auf Grund physiologisch bestimmter Funktion in unseren Aufsammlungen vorgekommen sind, läßt sich noch nicht berichten, höchstens vermuten.

Als die Saprolegnie mit größter Toleranz erwies sich *Saprolegnia ferax;* sie dringt bis ins α-Mesosaprobium vor. *Aplanopsis terrestris, Cladolegnia intermedia, Saprolegnia monoica* und *Aphanomyces laevis* gehen nicht so weit. Vielleicht verweilen sie im β-Mesosaprobium und kommen, weil die Grenzziehung unbestimmt ist, in Einzelfällen auch im besseren α-Teil vor. Weitere Arten, die in die Nähe der eben genannten kommen, sind *Achlya colorata, Brevilegnia subclavata* und *Thraustotheca clavata.*

Es sind vorstehend nur die sexuellen Myzelien der genannten Arten betrachtet worden. Asexuelle Rasen dieser und anderer Formen der *Saprolegniaceae* kommen auch bei etwas höheren Verschmutzungsgraden vor. Das Fehlen der Oogone und Antheridien, sofern nicht heterothallische Arten vorliegen, gibt den Hinweis, daß die Formen Irrgäste in dem betreffenden Habitat sind. Es ist aber vielleicht auch mit der Existenz verschiedener physiologischer Rassen zu rechnen. — Asexuelle Myzelien sind in Mesosaprobien nicht gerade selten. Mehrere Male begegnete uns z. B. *Dictyuchus sterile, Aphanomyces spec., Saprolegnia spec.* oder *Cladolegnia spec.* selbst im α-Mesosaprobium. Solche Myzelien der anderen Gattungen scheinen dagegen e h e r ausgemerzt zu werden.

Von den im α-Mesosaprobium relativ häufig gefangenen Pythien waren die folgenden sexuell: *Pythium monospermum, P. megalacanthum, P. graminicolum* und *P. inflatum.* Seltener waren *P. pulchrum* und *P. rostratum.*

Asexuelle *Pythiaceae* sind, wie die Artenlisten der Studie I (1956) und dieser zweiten Studie zeigen, in größerer Auswahl in gleichen oder ähnlichen Habitaten vertreten. Dahin gehören auch *Phytophthora spec., Pythiogeton utriforme* und *P. transversum.* In den niederen Verschmutzungsgraden ist die Formenwelt vielseitiger.

Von den anderen Pilzgruppen kann oder möchte ich keine Auswahl treffen. Viele von ihnen sind noch nicht bestimmt oder sie sind, verglichen mit anderen Zugehörigen ihrer Gruppe, zahlenmäßig nicht deutlich abgehoben.

Für die höheren Pilze ist auf die Arbeit von Cooke (1957) zu verweisen. Sein besonderes Interesse war den Pilzen der Haushaltsabwässer zugewandt. Er entnahm mehreren Kläranlagen, ihren Ein- und Ausflüssen und verschiedenen Stufen der Klärung Wasser-, Besatz- und Bodenproben und gewann, meist über Agarplatten, 147 Arten saprophytischer Pilze. Eingeschlossen sind 15 Aspergillen, 55 Penicillien und 13 *Mucorales.* Außer den *Mucorales,* 17 *Ascomycetes* und 1 *Basidiomycet* sind a l l e anderen *Fungi imp.* Die Zahl der Isolierungen gliederte er in vier ökologische Gruppen. Lymaphob sind die in nicht verschmutzten Proben, lymaxen die sehr selten oder selten, lymaphil die gewöhnlich oder in reicher Menge in Schmutzproben gefundenen Arten, und lymabiont sind solche, deren wesentliches Substrat fäkaler Satz ist. Neben acht lymaphoben stehen 106 lymaxene, 30 lymaphile und drei lymabionte Formen. Die beiden letzten Gruppen machen 22,4 % der Ausbeute aus; sie enthalten als lymabiont drei Ascomyceten und als lymaphil 24 *Fungi imp.,* drei *Ascomycetes* und drei *Mucorales.*

Cookes und unsere Methode unterscheiden sich in der Wahl der Standorte und des Fanges (dort über Agar, hier an Ködern). Die Ergebnisse sind d a d u r c h unterschieden, daß wir die Phycomyceten des Wassers (Saprolegnien, Pythien und *Chytridiales)* miterfaßt haben (Cooke nicht) und daß Cooke die luftangepaßten Penicillien, Aspergillen und *Mucorales* ein-

schloß, über die wir nicht berichteten (s. S. 251). — Seine und unsere Arbeiten betonen aber gleicherweise die große Bedeutung der *Fungi imp.* für die Aufbereitung des Abwassers.

Es war unsere Absicht, zu prüfen, ob die nach unseren Unterlagen gefertigten Spektren aus den neuen Untersuchungsgebieten sichere Hinweise auf den Verschmutzungsgrad eines längeren Flußabschnittes geben können. Wie der Hydrograph Jahresmittel aus seinen Exkursionswerten errechnet, haben wir die Gesamtbefunde der zwei Hunte- und der zwei Geestebefahrungen in der Abb. 10 in zwei „Fluß"-Spektren vereinigt.

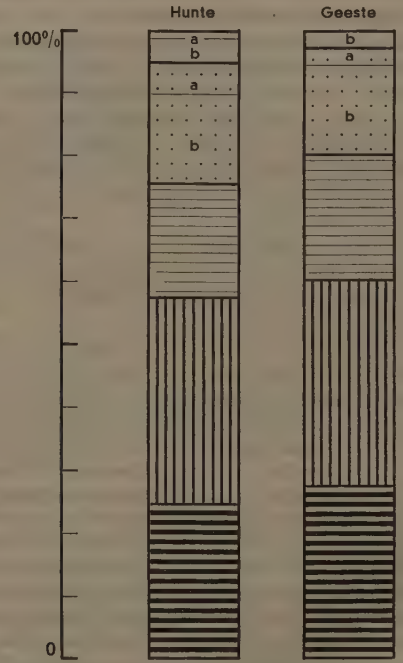


Abb. 10. Gesamtspektren für die Hunte und Geeste (Flußsohle) nach den Befunden aus allen Befahrungen 1957.

Die Gegenüberstellung zeigt, daß die beiden Flüsse ungleich verschmutzt sind, der Geesteabschnitt mehr als der der Hunte. Das Ergebnis läßt sich auch aus den unterschiedlichen Artenlisten und -zahlen folgern, und wer beide Wasserläufe befahren hat, wird das auch bestätigen.

Man mag vielleicht verwundert sein, daß der Unterschied nicht noch deutlicher zum Ausdruck kommt. Das mag z. T. auf den Einfluß der als Oberwasser oder aus Sielen einströmenden Moorwässer und des von der Weser kommenden Brackwassers zurückzuführen sein, aber auch auf die Tatsache, daß es sich in den beiden Flußunterläufen um so stark verschmutzte Wasser handelt, daß feinere Indikatoren nur noch wenig zur Geltung kommen können.

Den Fortschritt in der Gütebeurteilung des Wassers nach mykologischen Feststellungen wird neben der Bearbeitung anders gearteter Wasserläufe auch das physiologische Studium jener *Fungi imp.* bringen, die durch ihre Häufigkeit auffielen und die einen Weiserwert vermuten lassen.

Zusammenfassung

Der in unserer Studie I (1956) zur Abwassermykologie aufgeworfenen Frage, ob die pilzliche Besiedlung eines Wasserlaufes Hinweise auf die Qualität des Wassers hinsichtlich der Abwasserbelastung geben kann, wurde in dieser Arbeit weiter nachgegangen. Die neuen Untersuchungsgebiete waren die Unterläufe der Hunte und der Geeste. Die Abschnitte sind 27 bzw. 9 km lang. Beide führen neben Haushaltsabwässern auch Moor- und Industriewasser mit sich.

Die Ergebnisse sind in Artenlisten und Befundzahlen wiedergegeben. Die letzteren wurden wieder in Spektren veranschaulicht. Sie wurden sowohl für die einzelnen Standorte als auch, zusammengefaßt, für die Befahrungen und die Flußabschnitte gezeichnet.

Die Standortspektren parallelisieren die hydrographischen Feststellungen und zeigen darüber hinaus noch Eigenarten im Wasserlauf auf.

Das wesentlichste Kriterium für die Abwasserbelastung sind im Gefüge der Spektren die Werte der beiden zuunterst eingezeichneten Gruppen. Betragen sie zusammen 50 % oder mehr, dann ist die Abwasserbelastung erheblich. Unbelastete Läufe haben wesentlich kleinere Anteile.

Weitere Kriterien bietet der obere Spektrumteil, der die Vorkommen der niederen Pilze zeigt. Ist er reich gegliedert, ist das ein günstiges Zeichen, während Einseitigkeit auf besonders betonte Einflüsse hinweist. Immer vorhanden sind *Chytridiales*, gewöhnlich auch die Pythien, in sehr verschmutzten Verhältnissen fehlen nicht selten die Saprolegnien.

Bei den *Pythiaceae* und den *Saprolegniaceae* haben die Anteile der sexuellen Formen und Myzelien Weiserwert. Zunehmende Verschmutzung mindert ihre Zahl und läßt sie dann fehlen. Es besteht also eine Stufenleiter der Toleranz bei diesen Formen. Sie ist durch die Nennung der symptomatischen Oomycetes in der Schlußbetrachtung illustriert. — Der Prozeß der wachsenden Verschmutzung wird also parallelisiert von der Abnahme bzw. Verarmung an *Phycomycetes*.

Dazu haben die zu verschiedenen Zeiten ausgeführten Befahrungen jahreszeitliche Einflüsse gezeigt. Der im Jahre 1957 mäßig warme Sommer

begünstigte die sexuellen Arten der *Oomycetes* mehr als die kühleren Monate.

Der untersuchte Geesteabschnitt ist noch mehr verschmutzt als der der Hunte; das prägt sich sowohl in der Verkürzung der Artenliste als auch in der Minderung der Befundzahl aus.

Das Weserwasser ist kurz oberhalb der Huntemündung günstiger als das der Hunte. Für die Geeste ließe sich wohl das gleiche sagen, aber hier spielt in der Weser der stark selektive Brackwassereinfluß schon eine bedeutsame Rolle.

Anschrift des Verfassers:

Dr. W. Höhnk, Institut für Meeresforschung, Bremerhaven.

Literaturverzeichnis

Canter, H. M. 1950. Studies on British Chytrids. VIII. The New Phytologist, **49**: 98—102.

Cooke, W. B. 1954. Stream pollution fungi in polluted water and sewage. I—III, Sewage and industrial wastes. **26**: 539—549, 661—674, 670—794.

— 1957. Check List of Fungi isolated from polluted Water and Sewage. Sydowia, Beih. I. Petrak-Festschrift p. 146—175.

Delitsch, H. 1943. Systematik der Schimmelpilze. Neudamm.

Harvey, J. V. 1952. Relationship of aquatic fungi to water pollution. Sewage and industrial wastes. **24**: 1159—1164 (noch nicht vorgelegen).

Höhnk, W. 1952. Die in Nordwestdeutschland gefundenen ufer- und bodenbewohnenden Saprolegniaceae. Veröff. Inst. f. Meeresforschung in Bremerhaven, **1**: 52—90.

— 1956. Mykologische Abwasserstudie I. Veröff. Inst. f. Meeresforschung in Bremerhaven, **4**: 67—110.

Johannes, H. Die Gattung Cladolegnia Joh., gen. nov. (Isoachlya Kauffman) der Saprolegniaceae Nees. Feddes Repertorium, **58**: 209—220.

Kolkwitz, R. 1950. Ökologie der Saprobien. Schriftenreihe d. Ver. f. Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Berlin-Dahlem. Stuttgart.

Kolkwitz, R., und M. Marson. 1914. Schizomycetes. Kryptogamenflora Mark Brandenburg, **5**: 2—167.

Liebmann, H. 1951. Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie, München.

Lüneburg, H. 1949. Die Geeste als Vorfluter. Deutsche Geographische Blätter, **45**: 208—232.

Matthews, V. D. 1931. Studies on the genus Pythium. Chapel Hill.

Middleton, J. T. 1943. The taxonomy, host range and geographic distribution of the genus Pythium. Mem. Torrey Botan. Club, **20**: 1—171.

Sparrow, F. K. 1943. Aquatic Phycomycetes. Ann. Arbor.

Untersuchungen über den quantitativen Wasser- und Sinkstofftransport im Fedderwarder Priel (Wesermündung)

Von Hans Lüneburg

Mit 8 Tafeln

Einführung

Im Anschluß an die in den vergangenen Jahren durchgeführten Beobachtungen an der Oberfläche und in den Prielen der Wesermündungswatten (Lüneburg, 1957) wurden vom Herbst 1956 bis Herbst 1957 der Wasseraustausch, der Sinkstofftransport und einige weitere hydrographische Phänomene im Fedderwarder Priel, dem Hauptentwässerungsarm der großen linksseitigen Wesermündungswatten, des sogenannten Langlütjensandes zwischen Blexen und Fedderwarder Siel, untersucht (siehe Übersichts- und Stationskarte auf Tafel I). — Der Fedderwarder Priel spielt unter den Großprielen der Wesermündung insofern eine besondere Rolle, als er nicht nur die Zufahrt zu den Küstenfischereiplätzen Fedderwarder Siel und Burhave bildet, sondern bei beträchtlichen Tiefen von 10 bis 20 m unter SKN unmittelbar unter der Butjadinger Küste in einem Abstand von nur 100 bis 200 m von der Grodenkante auf einer Strecke von etwa 7 bis 8 km und mit Stromgeschwindigkeiten bis zu 1,5 m/sec entlangfließt und dabei das Ufer des Vorlandes sowie die dortigen Schorren einer starken Strömungserosion und bei stärkeren nördlichen Winden einer entsprechenden Brandungserosion aussetzt. An Hand dieses bedeutungsvollen Großprieles wollten wir bei unserer Aufgabenstellung aufschlußreiche Grundlagen über die Größenordnung des Wasseraustausches sowie die Konzentration und den Transport der für die Frage der Watt- und Ufererosion oder -sedimentation so wichtigen Sinkstoffe erhalten, nachdem uns früher schon die Sinkstoffphänomene des Hauptfahrwassers der Wesermündung vertraut geworden waren (Lüneburg, 1953). Gilt es doch bei allen baulichen Maßnahmen im Rahmen des Küstenschutzes zunächst einmal, eingehende Erhebungen anzustellen über die in Frage kommenden Wassermengen, Strömungsgeschwindigkeiten, die Tideverhältnisse, den Sinkstoffgehalt, die Bodenbeschaffenheit und andere hydrographische und meteorologische Voraussetzungen.

Die angedeutete Bedrohung des Langlütjensandes und vor allem der Butjadinger Küste durch den Fedderwarder Priel ist in Anbetracht der säkularen Transgression der Nordsee (20 bis 30 cm/100 Jahre) sowie der fortlaufend notwendigen Vertiefung der Unterweser und der Wesermündung besonders aktuell. Sowohl in Schleswig-Holstein als auch an der Wurster Küste und an anderen Orten hat man seit dem vergangenen Jahr-

hundert immer wieder einen Rückgang der Wattflächen sowie parallel dazu eine wesentliche Vertiefung der Großpriele (z. T. bis aufs Doppelte) beobachtet (Fischer, 1958; Kramer und Köritz, 1958; Lorenzen, 1956). Nach Kramer und Köritz 1958 sind z. B. im Bereich der Wurster Watten seit dem letzten Jahrhundert große Flächen (ca. 100 bis 200 km²) beiderseits der sogenannten Till (ein Großpriel zwischen Scharhörn an der Elbmündung und den Wurster Watten) und rings um den bekannten und exponierten Knechtsand völlig verschwunden! Daß eine ähnliche Ausräumung im Gebiet des Fedderwarder Prieles bisher noch nicht stattfand, mag u. a. daran liegen, daß man in der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts den Oberlauf des Prieles bei Waddens-Tettens zugunsten der Vertiefung des Weserhauptfahrwassers abriegelte. Dennoch wühlt der Priel, vor allem unterhalb des Fedderwarder Sieles und am östlichen Langwarder Vorland, tiefe Kolke (bis zu 20 m!) in die Grodenkante und in das Watt hinein und weist somit alle Zeichen eines besonders aktiven Großprieles auf.

Es liegt der Gedanke nahe, die Ergebnisse aus dem Fedderwarder Priel für die anderen Großpriele oder Außentiefs der Wesermündung zu verallgemeinern, da sie ähnliche Längen- und Tiefenverhältnisse aufweisen und alle etwa nach Nordwesten geöffnet sind. Es handelt sich dabei vor allem um die Robins-Balje südlich des Knechtsandes und die Till nördlich dieses hohen Außensandes. — So soll diese Arbeit bei Fedderwarden gleichzeitig Anregungen für weitere aktuelle Untersuchungen in dem gefährdeten Knechtsandgebiet auf der Wurster Seite der Wesermündung geben.

Ausmaße und hydrographische Verhältnisse des Fedderwarder Priels und der benachbarten Watten

Der Fedderwarder Priel, den man in Anbetracht seiner Dimensionen besser „Fedderwarder Tief" nennen würde, der aber auf allen einschlägigen Seekarten und anderen Kartenwerken mit der Bezeichnung „Priel" gekennzeichnet ist, stellt das Haupteinfallstor der See, d. h. der Außenweser, in die linksseitigen Watten der Wesermündung dar. Sein Einzugsgebiet ist mit etwa 60 km² (zwischen seiner Mündung und dem „Quellgebiet" bei Tettens) recht beträchtlich und kommt größenordnungsmäßig an die Einzugsgebiete der Robins Balje und der Norder Till heran. Von der Mündung des sogenannten Mittelprieles bis Tettens beträgt das Einzugsgebiet immer noch ca. 45 km² und von der Berührungsstelle mit der Grodenkante unterhalb Fedderwarder Siel bis Tettens noch ca. 20 km². Die Gesamtlänge des Prieles beläuft sich von der Mündung bis etwa Waddens (dort verliert der Lauf den eigentlichen Prielcharakter) rund 15 km bei einer Breite von etwa 1000 m an der Mündung bis zu 200 bis 300 m im Oberlauf. Die Tiefen sind beträchtlich, aber infolge des Fehlens einer Stromregulierung (der Leitdamm an der Mündung reguliert den Priel in seinem eigentlichen Lauf nicht mehr) sehr unregelmäßig: So betragen sie im Mündungsgebiet, eben südlich des Leitdammes, 10 bis 12 m unter SKN und erreichen eine ähnliche Größe in

einigen tiefen Kolken unterhalb der Einmündung des Mittelprieles und erneut Größen von sogar 15 bis 20 m unter SKN in steilen, aggressiven Kolken unmittelbar unter Land beim Fedderwarder Siel! Oberhalb Fedderwarden belaufen sich die Tiefen dann nur noch auf wenige Meter unter SKN und klingen schließlich bei Waddens mit 1 bis 2 m unter SKN aus. — Zwischen den erwähnten Kolken befinden sich seichte und ausgedehnte Barren von nur 3 bis 5 m Tiefe unter SKN. Der auf der Stationskarte deutlich sich abhebende östliche Flutarm südlich der Prielmündung ist nur wenige Meter tief und klingt unmittelbar vor seinem Zusammentreffen mit dem Mittelpriel aus. Das Einzugsgebiet des Unterlaufes, d. h. unterhalb der Einmündung des Mittelprieles, ist recht schmal; die Wattgebiete unmittelbar westlich des Prieles entwässern durch die verschiedenen Prielsysteme des Hohewegwattes, während die Watten östlich des soeben erwähnten Flutarmes über den Nordpriel direkt in die Außenweser entwässern. — Durch das Vordringen des 5 bis 6 km langen und im Unterlauf bis zu 7 m unter SKN tiefen Mittelprieles nach Osten in das Kerngebiet des Langlütjensandes hinein wird das Einzugsgebiet dann stark erweitert. Verglichen mit dem Unterlauf und dem schmalen Oberlauf entlang der Marschkante, ist das Einzugsgebiet des Mittelprieles am größten. Ganz allgemein läßt sich feststellen, daß das Einzugsgebiet des ganzen Prielsystemes die SKN-Linie auf der Westseite kaum überschreitet. Die Wasserscheide zu den Hoheweg-prielen und schließlich zur Jade hin verläuft unmittelbar westlich des Fedderwarder Prieles auf einer Linie von Langwarden nach Nordnordost zur Prielmündung, während der Einzug nach Osten hin und herüber zum Hauptfahrwasser weit um den Mittelpriel herum bis Tettens ausholt. Der Nordpriel und die I-Loch und K-Loch benannten Priele weiter östlich entwässern zum Hauptfahrwasser. Die beiden zuletzt erwähnten Löcher haben auf der Höhe von Waddens in Form eines etwa 1 m tiefen Sattels Verbindung mit dem „Quellgebiet" des Mittelprieles bzw. des Fedderwarder Prieles selbst.

Im vergangenen Jahrhundert war das ganze System des Fedderwarder Prieles noch stärker entwickelt als heute und ging am Anfang des 19. Jahrhunderts als Hauptverbindungsarm zur Weser hinüber. Im Gebiet unterhalb Fedderwarder Siel hat sich seit dem vorigen Jahrhundert der Priel mit tiefen Kolken immer weiter nach Westen in das Langwarder Watt auf den Hohen Weg sowie in die dortigen Vorländereien hineingefressen. Die im Prielwasser beobachtete Trübe wird daher zum Teil aus der Erosion der östlichen Steilkante des Langwarder Wattes stammen. Alle vom Hauptpriel zur Langwarder Plate abzweigenden Kleinpriele zeigen, wie frühere Begehungen ergaben (Lüneburg, 1957), ein aktives Vordringen und Einsägen in diese Plate, begleitet von zahlreichen „Wasserfällen". — Während also der Fedderwarder Priel noch im 19. Jahrhundert ein flußaufwärts offenes Gewässer mit Oberwasserzufuhr darstellte, ist er jetzt praktisch nach Blexen hin abgeriegelt. Der Wasseraustausch erfolgt fast nur noch von See her, wobei es sich um das Eindringen relativ

salzigen Flutwassers auf der Südseite der Außenweser handelt, das je nach Wind und Wetter in starkem Schwall in die Senken des Langlütjensandes eindringt und nur zum Teil bei Hochwasser durch das I- und K-Loch in die Weser fließt, zur Hauptsache aber mit der Ebbe denselben Weg wieder seewärts nimmt. Es ist daher kein Wunder, daß der Salzgehalt der Butjadinger Seite der Wesermündung im Schnitt um mindestens 5 ‰ höher liegt als auf dem rechten Ufer, an der Wurster Küste (Lüneburg, 1955). Während der 15 verschiedenen Untersuchungsfahrten, die von Herbst 1956 bis Herbst 1957 durchgeführt werden konnten, lag der Salzgehalt an der Mündung des Prieles bei 15 bis 20 ‰ zur Niedrigwasserzeit und bei 20 bis 25 ‰ zur Hochwasserzeit; an der Mündung des Mittelprieles und vor dem Fedderwarder Siel, also 3 bzw. 6 km weiter prielaufwärts, bestand kein nennenswerter Unterschied gegenüber der Salzkonzentration an der Prielmündung. Das sind immerhin Werte, die ein recht marines Brackwasser anzeigen. In der Vertikalen nimmt der Salzgehalt nach unseren Beobachtungen in der Regel nur um 1 bis 2 ‰ zu im Gegensatz zum Hauptfahrwasser, das einen halinen Vertikalunterschied von 5 ‰ und mehr aufweist; d. h. eine haline Schichtung kann sich in dem turbulenten Nebenarm von Fedderwarden nicht so entwickeln, wie in der großräumigeren Außenweser selbst. Die im Fedderwarder Priel festgestellten Salzwerte sind, im Gegensatz zur rechten Seite des Weserästuars, nur grob angenähert von der Oberwassermenge der Weser abhängig. Diese Abhängigkeit lag auf Grund der etwa 200 durchgeführten Salzbestimmungen derart, daß beispielsweise eine Oberwassermenge von 250 m³/sec (am Pegel Intschede bei Bremen gemessen) 21 bis 22 ‰ Salz im Fedderwarder Priel entsprechen, 500 m³/sec etwa 19 bis 20 ‰ Salz, 750 m³/sec etwa 17 bis 18 ‰ Salz und schließlich 1000 m³/sec etwa 15 bis 16 ‰ Salz etc. Man kann nach diesen und früheren Untersuchungen (Lüneburg, 1955) annehmen, daß 10 ‰ Salz so gut wie nie unterschritten und 25 ‰ Salz kaum je überschritten werden.

Auf Grund des kartographischen Bildes und vor allem der geschilderten Tiefenverhältnisse lassen sich im Fedderwarder Priel drei Hauptabschnitte unterscheiden.

1. Der bei Niedrigwasser immer noch über 1000 m breite und in den Kolken südlich des Leitdammes 12 bis 15 m unter SKN tiefe Mündungstrichter, der in seinem Hauptteil nordsüdlich verläuft und sich am sogenannten Mittelsand in einem zur Hauptsache die Flutströmung aufnehmenden östlichen Flutarm sowie in einen westlichen, vor allem der Ebbströmung dienenden Arm zerteilt. In Richtung Mittelsand nehmen die Tiefen auf einer Barre rasch auf ca. 4 bis 5 m unter SKN ab, wie sie auch im östlichen Flutarm nur 3 bis 4 m erreichen, um sich an dessen Südende auf höchstens 1 m zu verringern.

2. Der bei Niedrigwasser noch über 500 m breite Mittelteil im Bereich der Mündung des Mittelprieles. Westlich des Mittelsandes, unterhalb des Zuflusses des Mittelprieles, erstreckt sich in diesem Abschnitt ein über 1000 m langer Kolk mit Tiefen bis zu 12 m unter SKN, während die süd-

liche Begrenzung des Mittelteiles durch eine nur etwa 3 bis 4 m unter SKN liegende Feinsandbarre an der Nordwestspitze der Burhaver Plate gebildet wird.

3. Der schmale, bei Niedrigwasser nur wenige hundert Meter breite Südteil unmittelbar entlang der Butjadinger Küste, der unterhalb des Hafens von Fedderwarder Siel noch einige ufergefährdende Kolke von 15 m Tiefe unter SKN und mehr direkt an den Buhnenköpfen aufweist. Weiter nach Südosten hin, bei Burhave und in Richtung Waddens, wird dieser Teil des gesamten Laufes immer schmäler und schließlich nur noch 1 bis 2 m tief; dabei zerteilt er sich querab Waddens in zahlreiche flache Kleinpriele, von denen einer zum K-Loch hinüberleitet.

In diesen drei Abschnitten wurde während des Untersuchungsjahres je eine feste Station eingerichtet, nicht aber im Mittelpriel, da dessen Einfahrt bei Niedrigwasser nur Tiefen von etwa 2 bis 3 m unter SKN aufweist und weder durch Tonnen noch durch Besen markiert ist.

Man kann sich vorstellen, daß das Profil der Prielquerschnitte nach Süden immer steiler wird, da dort die Kolktiefen bei abnehmender Prielbreite eher noch zunehmen; diese Profilsteilheit führt dann im Südteil zu den erwähnten bedenklichen Erosionen am Ufer im Raume von Fedderwarder Siel.

Da zweifellos ein enger Zusammenhang zwischen der Art und Körnung des Sedimentes am Boden und in den Seitenräumen eines Prielsystemes einerseits und der bei verschiedenen Tide- und Wetterverhältnissen gemessenen Trübe, dem Sinkstoffgehalt der Wassermassen andererseits besteht, sei noch kurz auf die an Ort und Stelle beobachtete Sedimentbeschaffenheit eingegangen. — Das über 2 km vom Butjadinger Ufer entfernte Kernstück des Langlütjensandes sowie auch der uferfernere Südteil des großen Hohewegwattes bestehen zur Hauptsache aus mehr oder minder homogenen Feinsanden von einer durchschnittlichen Korngröße zwischen 200 und 300 μ. Sie gehören also nach DIN 4023 zu den Mittelsanden, wie wir sie überall, unregelmäßig verteilt, auf den Außensänden der Wesermündung und auch auf den Primärdünen am Nordrand der Insel Mellum (Nordende der Hohewegwatten) beobachten konnten. Diese Sande haben einen geringen Glührückstand, weisen also wenig organische Substanz und nur einen geringen Kalkgehalt auf und sind nicht sonderlich viskos, so daß sie relativ leicht aufgewirbelt werden. — In Ufernähe und besonders im Abstand von nur wenigen 100 m von der Langwarder Grodenkante wurden jedoch viskose Schlicke beobachtet, deren Korngröße im Durchschnitt um 100 μ liegt und die somit nach DIN 4023 Feinstsand und Schluff darstellen; dieses Sediment ist recht heterogen und enthält Tonbestandteile von nur wenigen μ Korndurchmesser. Der Glührückstand ist beträchtlich und weist auf einen größeren Gehalt an organischer Substanz hin, die zum viskosen Charakter des Sediments beiträgt. Wir erfuhren schon, daß der Fedderwarder Priel die Langwarder Plate in Ufernähe mit Hilfe kleiner Seitenpriele aggressiv erodiert, und somit kann zweifellos etwas von diesem feineren Bodenmaterial in den Südteil des Hauptpriels

gelangen. — Von besonderem Interesse sind in diesem Zusammenhang die Korngrößenanalysen der Bodensedimente des Hauptprieles selbst. Auf zwei im Winter 1957/58 im Abstand von rund zwei Monaten durchgeführten Fahrten ergaben sich — von geringen Abweichungen abgesehen — gut übereinstimmende Doppelproben der Bodenkörnung (somit dürften hier die einmalig an einem bestimmten Punkt gezogenen Proben für einen längeren Zeitintervall repräsentativ sein), die folgendes Korngrößenresultat zwischen Mündung und Oberlauf zeigten:

Im Mündungstrichter liegt die Bodenkörnung durchschnittlich zwischen 150 und 300 μ; es handelt sich dort um Fein- bis Mittelsand, der an sich homogen, aber in Leitdammnähe häufig mit Muschelschill durchsetzt ist. — Im Mittelteil liegen dann Körnungen von durchschnittlich 100 bis 150 μ vor. Der Sand ist dort sehr homogen und ohne Muschelschillbeigabe; es handelt sich um reinen Feinsand, wie er in erster Linie aus dem Mittelpriel herangeschafft wird. — Im Südteil stellten wir schließlich Körnungen um 100 μ fest bei gleichzeitig homogenem Charakter und Abwesenheit von Muschelschill. Hier dürfte schon feineres Material von der Langwarder Plate eingeschlämmt worden sein, das aber infolge der Sedimenttrennung durch die natürliche Schlämmung keinen viskosen Schlick- oder Kleicharakter mehr aufweist.

Die generelle Abnahme der Korngrößen von der Mündung zum Oberlauf ist zugleich ein Ausdruck für die abnehmenden Stromgeschwindigkeiten, wie sie uns später noch begegnen werden.

Nach diesen Bemerkungen kann man sich vorstellen, daß die im Wasser des Fedderwarder Prieles suspendierten Sinkstoffe nicht sonderlich „schmutzig", also dunkel gefärbt sind, da es sich mehr oder minder um reine Sandarten handelt; stärkere Trübungskonzentrationen durch Marschenschluff und -ton wie im inneren Weserästuar existieren hier nicht.

Meßmethodik und Mengenberechnungen

Aus der Übersichtskarte (Tafel I) geht die Lage der drei Terminstationen hervor, die während des Untersuchungsjahres mehrfach bei verschiedenen Tide- und Wetterverhältnissen aufgesucht werden konnten. Sie wurden durch Winkelmessungen geortet und damit ein für allemal fixiert. Durch die Auswahl der Stationen wurde jeder der drei Hauptabschnitte des Fedderwarder Prieles in der Mitte seines zentralen Kolksystemes erfaßt: Die nördliche Station liegt im Zentrum des dortigen großen Kolkes auf etwa 12 m unter SKN, die mittlere Station liegt in gleicher Weise im Zentrum des großen Mittelkolkes ebenfalls auf etwa 12 m unter SKN, und die südliche Station liegt schließlich auf einer etwa 7 bis 8 m tiefen Schwelle zwischen den beiden dort ausschlaggebenden ufernahen Kolken. Alle drei Stationen befinden sich genau in der Strommitte des jeweiligen Prielquerschnittes, dessen Profil durch mehrfaches Abfahren mit dem Atlas-Echolot bestimmt wurde. Da in den unbefeuerten Prielen nächtliches

Manövrieren mit dem Forschungskutter „Victor Hensen" zu gefährlich schien, wurden in den meisten Fällen die Beobachtungen für Ebbe und Flut getrennt auf zwei aufeinanderfolgende Tage verteilt. Bei den meisten der 15 Tiden zwischen Oktober 1956 und September 1957 herrschte am ersten Beobachtungstag etwa die gleiche Wetterlage wie am zweiten. — Es wurde möglichst darauf geachtet, an jeder der drei Stationen mindestens je eine Ebbe und Flut bei westlichen Wetterverhältnissen und je zwei Tidezweige bei nordöstlichen oder östlichen Winden zu erfassen.

Im einzelnen konnten folgende Tiden an den drei Stationen gemessen werden:

I. Station Nord (Tiefe 12 m unter SKN, Breite etwa 800 m).

1. Fluttide am 11. 10. 56 bei mäßigen westlichen Winden, Stärke 4. Nipptide.
   (Anschlußebbe am nächsten Vormittag wegen Nebels leider nicht durchführbar.)
2. Ebbtide am 17. 10. 56 bei frischen südwestlichen Winden, Stärke 5. Normaltide.
   (Also angenähert gleiche Wetterverhältnisse wie zur Zeit der Fluttide am 11. 10. 56.)
   Im eigentlichen Winter bis Mitte Februar erfolgten wegen der kurzen Tage, öfteren Schlechtwetters und häufigen Frostes keine Messungen.
3. Fluttide am 20. 2. 57 bei mäßigen nordöstlichen, in die Mündung des Prieles hineinwehenden Winden, Stärke 4. Nipptide.
   (Anschlußebbe am nächsten Vormittag wegen Frostgefalr nicht durchgeführt.)
4. Ebbtide am 27. 2. 57 bei frischen nordnordwestlichen, also auch in die Mündung des Prieles hineinwehenden Winden, Stärke 5. Normaltide.

II. Station Mitte (Tiefe 12 m unter SKN, Breite etwa 600 m).

5. Ebbtide am 14. 3. 57 bei steifen westlichen Winden, Stärke 7. Normaltide.
   (Eine entsprechende Fluttide konnte wegen anhaltenden Schlechtwetters weder vorher noch nachher gewonnen werden.)
6. Fluttide am 20. 3. 57 bei starken südwestlichen Winden, Stärke 6. Normaltide.
7. Ebbtide am 21. 3. 57 bei starken westsüdwestlichen Winden, Stärke 6. Normaltide.
8. Fluttide am 24. 4. 57 bei frischen nordöstlichen Winden, Stärke 5. Nipptide.
9. Ebbtide am 25. 4. 57 bei frischen ostnordöstlichen Winden, Stärke 5. Nipptide.

III. Station Süd (Tiefe 7 bis 8 m unter SKN, Breite etwa 300 m).

10. Fluttide am 21. 5. 57 bei schwachen westlichen Winden, Stärke 3. Nipptide.
11. Ebbtide am 22. 5. 57 bei mäßigen nördlichen Winden, Stärke 4. Nipptide.
12. Ebbtide am 26. 6. 57 bei frischen nordwestlichen Winden, Stärke 5. Springtide.
13. Fluttide am 27. 6. 57 bei frischen südwestlichen Winden, Stärke 5. Springtide.
14. Fluttide am 19. 9. 57 bei starken westnordwestlichen Winden, Stärke 6. Nipptide.
15. Ebbtide am 20. 9. 57 bei leichten ostnordöstlichen Winden, Stärke 2. Nipptide.
    (In diesem Falle divergieren ausnahmsweise die Wetterverhältnisse beider Vergleichstiden stark!)

Im Verlauf der Vertikalserien einer Tide wurden an der Oberfläche, im oberen Drittel der Wassertiefe, im unteren Drittel derselben und schließlich etwa 1 m über Boden die Stromgeschwindigkeit, die Stromrichtung, der Sinkstoffgehalt sowie Salzgehalt und Temperatur und selbstverständlich die Wassertiefe mit dem Echolot gemessen.

Die Messung der Stromgeschwindigkeit erfolgte mit einem modifizierten Ott-Flügelstrommesser (Propeller), dessen durch den Strömungsdruck erfolgende Umdrehungen durch elektrische Kontakte im Schiffslabor registriert und an Hand von Eichtafeln auf Geschwindigkeiten in m/sec umgerechnet wurden. — Die Stromrichtung stellten wir mittels eines kardanisch an der Bordwand befestigten 360°-Ringes (Plexiglasskala) fest, der in seiner Alkoholfüllung eine Blase aufweist, deren jeweilige Lage am geneigten Ring (die Neigung erfolgt durch ein in die gewünschte Tiefe herabgelassenes Blechstück) die Strömungsrichtung in der fraglichen Tiefe relativ zum bekannten Schiffskurs anzeigt. Die so gewonnenen Resultate sind auf etwa $\pm$ 10° genau; das genügt jedoch zur Berechnung der mit Hilfe des cos auf die Querschnittfläche reduzierten Stromgeschwindigkeiten, zumal die Strömung während der Zeit der stärkeren Tideentwicklung etwa parallel zu den Prielrändern fließt.*)

Die Sinkstoffkonzentration wurde elektrooptisch ermittelt und auf Gewicht nach der einfachen Beziehung, daß eine Extinktionseinheit pro 1 cm/Schichtdicke angenähert einer Grammasse von 1 mg/l entspricht, umgerechnet (Lüneburg, 1953 u. 1955). Diese an den einzelnen Küstenorten variierende, aber in der Wesermündung einigermaßen konstante Korrelation wurde durch einige Kontrollen von Fedderwarder Wasserproben erneut bestätigt.

*) Das Richtungsgerät stellte in dankenswerter Weise das Wasser- und Schiffahrtsamt in Bremerhaven zur Verfügung.

Da nur ein Flügelstrommesser zur Verfügung stand, mußte aus den Vertikalserien der Strommitte auf das gesamte Profil extrapoliert werden, was besonders im breiten Mündungsgebiet des Prieles nur zu einem angenäherten Überblick über den Wasser- und Sinkstoffaustausch und die sonstigen Phänomene führt. Die absoluten Größen des Wasser- und Sinkstoffaustausches konnten dabei nur revaliv grob erfaßt werden, aber es war immerhin einmal die Möglichkeit gegeben, an die einen bestimmten Querschnitt passierenden Mengen durch die stichprobenartigen Messungen größenordnungsmäßig heranzukomen und u. U. aufschlußreiche Vergleiche anzustellen. — Zunächst mag die Extrapolation von der Vertikalen auf die ganze Profilfläche etwas gewagt erscheinen, aber es kann hier in Anbetracht möglicher Ungenauigkeiten der anschließend erwähnten empirischen Rechenverfahren der Hauptwert nicht so sehr in absoluten Ergebnissen als vielmehr in den relativen Größenordnungen liegen.

Erfahrungsgemäß darf bei nur einem Meßpunkt im Prielquerschnitt das Meßprofil bei einer Tiefe von höchstens 10 bis 15 m eine Breite von 1000 m nicht überschreiten, damit die in grober Annäherung linear angenommenen Strömungen noch einigermaßen erfaßt werden können und übersichtlich bleiben. — Die Extrapolation der gefundenen Werte auf das ganze Profil erfolgte rechnerisch zunächst für jede Stunde einer Tide getrennt, und zwar für die Geschwindigkeit v in cm/sec nach der in der Praxis angewandten empirischen Formel (Kramer, 1956):

$$v_R = v \cdot \sqrt{t_R/t}$$

Hierbei ist v_R die Stromgeschwindigkeit in beliebigen Randgebieten des Prielquerschnittes, v die jeweils gemessene Geschwindigkeit an den vier Punkten der Untersuchungsvertikalen und t_R die entsprechende Randtiefe in Metern sowie t die Tiefe am Meßort.

Es wurden dann in die jeder Stunde zugeordneten Querschnitte an den vier erwähnten Tiefenstufen die auf Grund der obigen Formel berechneten Geschwindigkeiten eingetragen, wobei die Randtiefen t_R der Reihe nach für je 1 m Tiefenunterschied in die Formel eingingen. — Auf diese Weise ergaben sich übers Profil hinweg ein Netz von Geschwindigkeitswerten und die zugehörigen Isolinien im Abstand von 10 zu 10 cm/sec. Diese Isolinien umreißen Flächen angenähert gleicher Geschwindigkeit, deren Anzahl in den einzelnen Stunden einer Tide zwischen etwa 2 und 8 schwankt; die arithmetischen Mittel dieser 10-cm/sec-Geschwindigkeitsflächen überschritten in allen beobachteten Tidestunden niemals den Wert von 150 cm/sec, und dabei lagen Fälle vor, bei denen ein steifer Wind, Stärke 7, die betreffende Flut heftig in den Priel hineindrückte. — Nach Ausplanimetrierung der erwähnten Flächenelemente und Umwandlung dieser Werte in Prozentsätze der Gesamtfläche wurde der Durchschnittswert der Geschwindigkeit für das ganze Profil und repräsentativ für die jeweils betrachtete Tidestunde ermittelt (Bildung der Summe der

Faktoren aus dem prozentischen Anteil der jeweiligen Geschwindigkeitsfläche an der Gesamtfläche und dem mittleren Geschwindigkeitswert dieser Fläche; anschließend Division dieser Summe durch 100). In diese durchschnittlichen Geschwindigkeitswerte gehen also der prozentische Anteil der einzelnen Geschwindigkeitsflächenelemente am Gesamtquerschnitt und deren arithmetisches Mittel ein. — Unter Zugrundelegung einer jeweils mittleren und somit untereinander vergleichbaren Tidedauer von fast 6,5 Stunden waren wir nunmehr in der Lage, nicht nur die Geschwindigkeitsverteilung über alle Tiefen und Zeiten, sondern auch die in den einzelnen Tidestunden sowie in der gesamten Tide passierten Wassermengen größenordnungsmäßig quantitativ zu erfassen.

Zur Bestimmung der Größen des Sinkstofftransportes stehen keine entsprechenden empirischen Formeln zur Extrapolation aus den Werten der Meßvertikalen auf das ganze jeweils betrachtete Profil zur Verfügung. — Die Trübe ist abhängig von den örtlichen Bodenverhältnissen (in unserem Falle meistens reine Feinsande) und von den Stromgeschwindigkeiten. An ein und demselben Ort und zu einem bestimmten Zeitpunkt entfallen diese Variablen. Fast alle der bisher durchgeführten vertikalen Sinkstoffmessungen zeigen aber mehr oder minder eine Zunahme der Konzentration zum Boden hin, d. h. die Sinkstoffkonzentration ist angenähert eine Funktion des Bodenabstandes am jeweiligen Meßpunkt. Mit anderen Worten: Die Linien gleicher Trübe werden etwa bodenparallel verlaufen. In diesem Zusammenhang mag es von Bedeutung sein, daß der vertikale Bodenabstand aller Untersuchungspunkte der ausgewählten drei Stationen zehn- bis fünfzigmal und mehr die Länge der dazugehörigen „Normalen" zur nächsten Schorre übertrifft; somit spielt also nur der vertikale Abstand vom Boden eine Rolle. — Durch die vier Sinkstoffwerte einer Beobachtungsvertikalen wurden bodenparallele Linien gleicher Trübe gelegt, und zwar in einem Abstand von 50 zu 50 mg/l. Anschließend erfolgte die flächenmäßige Erfassung der Durchschnittstrübe (analog der oben geschilderten Ermittlung der Durchschnittsgeschwindigkeit). Da die so erlangten Flächen gleicher arithmetischer Sinkstoffmittel nicht mit gleich großen und gleich geformten mittleren Geschwindigkeitsflächen koinzidieren, bleibt nur die Möglichkeit, zur Erlangung des Sinkstoffdurchganges in den einzelnen Tidestunden sowie in der Gesamttide die Sinkstoffwerte mit den entsprechenden Geschwindigkeitswerten über die erwähnten Durchschnittswerte (in die also Häufigkeit und arithmetisches Mittel der fraglichen Größen eingehen) für das ganze Profil zu korrelieren. So kann man dann durch Multiplizieren der aus den Durchschnittsgeschwindigkeiten resultierenden Wasserdurchgänge in m^3/sec mit den durchschnittlichen Sinkstoffwerten die Sinkstoffdurchgänge in kg/sec für alle Tidestunden und für die gesamte Tide ermitteln.

Es sei noch erwähnt, daß wir durch gleichzeitige gravimetrische Kontrollanalysen in den Seitenräumen der Station „Süd" am 19. und 20. 9. 1957 die Brauchbarkeit der hier angedeuteten empirischen Berechnungen erhärten

konnten. Hierbei verhielten sich die im Seitenraum des Profiles rechnerisch ermittelten Sinkstoffkonzentrationen zu den tatsächlich dort beobachteten Werten immer wie 1,00:1,25. Das dürfte für überschlägige Eindrücke (und andere Resultate sind bei den recht komplexen Vorgängen nicht zu erwarten) völlig genügen.

Die Untersuchungsergebnisse an den drei Beobachtungsstationen

In Tafel II sind die Stromstärke-Isoplethen einer mäßigen westlichen Winden ausgesetzten Fluttide und einer frischen südwestlichen Winden ausgesetzten Ebbtide an der Station „Nord" wiedergegeben. Da Richtung und Stärke der Winde in diesen Fällen (11. und 17. 10. 1956) den häufigsten Windverhältnissen im Weserästuar entsprechen, dürften die dargestellten Werte einigermaßen repräsentativ sein.

Das Geschwindigkeitsmaximum der betrachteten Fluttide liegt mit über 110 cm/sec in der dritten und vierten Stunde, also bei etwa halber Tide; ähnliches gilt für die dargestellte Ebbtide, deren Geschwindigkeit mit fast 100 cm/sec maximal um die dritte Stunde entwickelt ist. Da die Winde an den Beobachtungstagen etwa quer zur Stromrichtung wehen, tritt keine Verzögerung an der Oberfläche ein, so daß in beiden Fällen die Geschwindigkeit verhältnismäßig gleichmäßig zur Tiefe abnimmt, wobei in den unteren zwei bis drei Metern keine Spitzengeschwindigkeiten mehr erreicht werden. — Es fällt auf, daß die Geschwindigkeiten der Fluttide früher, nämlich schon nach der ersten Stunde, höhere Werte erreichen, als dies bei Ebbe der Fall ist, d. h. die Ebbe setzt zögernder ein, während die Flut am Anfang ihrer Entwicklung mit einem „Schwall" beginnt. Es handelt sich dabei um die bekannte Erscheinung, daß der Fluthang einer Gezeitenwelle bei Annäherung an eine Flachküste steiler wird und die Flut somit plötzlicher, also schwallartig, einsetzt. Diese Erscheinung nimmt prielaufwärts noch weiter zu, klingt dann aber im eigentlichen Oberlauf erneut ab, um schließlich völlig umzukehren, derart, daß dort die letzte Flut die höchste Geschwindigkeit aufweist (s. weiter unten).

Die hier im Oktober 1956 beobachteten Geschwindigkeitsverteilungen während einer Flut- und Ebbtide bei mäßigen westlichen Winden sind auch bei mäßigen Winden aus Nord bis Nordost ähnlich entwickelt. Dies wurde bei einer analogen Beobachtungsreihe am 20. 2. 1957 (Fluttide bei mäßigen nordöstlichen Winden) und am 27. 2. 1957 (Ebbtide bei frischen nordnordwestlichen Winden) beobachtet; an beiden Februartagen weht der Wind etwa prielparallel in den Mündungstrichter hinein. Das Geschwindigkeitsmaximum der Flutströmung liegt in diesem Falle wieder in der dritten und vierten Stunde der Tide und das der Ebbtide um die dritte Stunde. Allerdings sind die Geschwindigkeitsabsolutwerte der erwähnten Februarflut mit 150 cm/sec maximal und greifen mit 100 cm/sec gleichzeitig bis zum Boden durch! Diese Erhöhung wird ihren Grund in der Tatsache

haben, daß am 20. 2. 1957 der Wind genau in die etwa nach Nordnordost geöffnete Prielmündung hereinweht und nach dem schnellen Überfluten des niedrigen Leitdammes die Wassermassen intensiv in den nördlichen breiten und tiefen Teil des Prieles hineindrückt. Wie später ersichtlich, dringt dieses heftige Einströmen aus dem Hauptfahrwasser der Außenweser bei frischen nordöstlichen Winden nicht weit in den Priel vor; das meiste Wasser scheint in solchen Fällen im Nordteil zu bleiben und teilweise in Richtung des „Nordprieles" wieder abzustreichen. — Die erwähnte Ebbe vom 27. 2. 1957 weist angesichts der frischen, ebenfalls in den Priel hereinwehenden Nordnordwestwinde während der ganzen ersten Stunde ihrer Entwicklung sowie auch während ihrer letzten Stunde Stromstille oder geringfügige Stromgeschwindigkeiten auf. Hier im Mündungsgebiet sind also die Wasserbewegungen weitgehend unmittelbar von den Windverhältnissen abhängig, was im Oberlauf nicht immer so ausgeprägt der Fall ist. — Die Ebbtide des 27. 2. 1957 hat ihre Geschwindigkeitsspitze infolge des Gegenwindes nicht mehr an der Oberfläche (80 cm/sec), sondern etwa bei 4 m unter der Oberfläche (100 cm/sec).

Bei der Betrachtung der den Geschwindigkeitsisoplethen vom 11. 10. 1956 und vom 17. 10. 1956 (Flut und Ebbe) entsprechenden Isoplethen der Sinkstoffverteilung auf Tafel III fällt zunächst einmal auf, daß die Konzentration der Sinkstoffe um 50 mg/l pendelt und somit relativ gering ist, was allerdings bei dem rein sandigen Charakter der Sedimente an der Station „Nord" kein Wunder nimmt. Im übrigen sind kaum größere Sinkstoffunterschiede festzustellen; von geringfügigen Anreicherungen in Bodennähe abgesehen, ist die Verteilung sehr gleichmäßig. Bemerkenswert bleibt jedoch die Trübungszunahme am Schluß der Ebbtide, ein Phänomen, das bei den meisten Ebbtiden immer wieder beobachtet werden kann. Es scheint so, als ob die letzte Ebbe zu einer größeren Sinkstoffkonzentration neigt, die ihre Ursache in dem Abfließen der letzten Wassermassen von der Oberfläche der benachbarten und am Oberlauf liegenden Wattflächen hat, die ja immer etwas trüber, also schlickiger, sind als die ausgewaschenen Flußbetten der Priele selbst. Zur Zeit des Stillwassers beträgt die Sinkstoffkonzentration nur rund die Hälfte des zur vollentwickelten Tide gehörenden Wertes.

Abgesehen vom ersten Flutschwall und der letzten Ebbe (80 bis 90 mg/l) weisen die erwähnten Februartiden zur Zeit der Nord- und Nordostwinde ähnliche Sinkstoffkonzentrationen auf, wie es zur Zeit der westlichen Winde der Fall war.

Tafel IV gibt entsprechende Isoplethenbilder für Station „Mitte" wieder. Am 20. 3. 1957 wehten starke südwestliche Winde, Stärke 6, und am 21. 3. 1957 ebenfalls starke Winde aus Westsüdwest, Stärke 6, d. h. die Windverhältnisse sind bei beiden Tiden praktisch gleich und um ein bis zwei Stärken höher als bei den beiden oben betrachteten „Westwindtiden" der Station „Nord". Die starken Winde sowie die Verengung des Prielquerschnittes führen dazu, daß die Spitzengeschwindigkeit der Flut mit 140 cm/sec

sehr hoch liegt und auffallenderweise bereits in der zweiten Stunde der Flut wieder abklingt. Es ist ein in großen Prielen häufig beobachtetes Phänomen, daß die Flutwelle mit verengtem Querschnitt steiler wird und gerade während der ersten Stunden heftig hereinbricht, den Wasserspiegel rasch ansteigen läßt (nach eigenen Beobachtungen in Prielen des Wurster Wattes kann der Wasserspiegel in solchen Fällen innerhalb einer Viertelstunde um 50 bis 80 cm ansteigen!) und zugleich eine beträchtliche Trübe aufwirbelt. Die in unserem Falle besonders gut ausgeprägte Asymmetrie der Geschwindigkeitsverteilung scheint sich vor allem auf die enge Stelle des Fedderwarder Prieles am Mittelsand zu beschränken. Erstaunlich bleibt die hohe Flutgeschwindigkeit des 20. 3. 1957, wenn man bedenkt, daß ein starker Südwestwind über einen genau nach Süden setzenden Strom weht; daraus ersieht man, daß die dynamischen Vorgänge in den oft mäandernden Prielläufen im Innern der Wattplaten weitgehend von den Windverhältnissen draußen im Ästuar bestimmt werden, denn am 20. 3. 1957 drückte ein starker Südwestwind mit der Flut umfangreiche Wassermengen in die Mündungen der Helgoländer Bucht hinein. Der im Winkel von 45° über den Priellauf der Station „Mitte" wehende Südwestwind führt lediglich dazu, daß sich die maximale Geschwindigkeit der Fluttide in den mittleren Wassertiefen und nicht an der Oberfläche entwickelt. Der um die zweite Flutstunde nach Süden drängende Flutschwall ist übrigens so beträchtlich, daß die Maximalgeschwindigkeiten fast bis zum Boden durchgreifen!

Die unter gleichen Windverhältnissen stehende Ebbtide des nächsten Morgens zeigt eine ähnliche Entwicklung wie die oben betrachtete Ebbtide der Station „Nord" bei westlichen Winden. Es werden wiederum mit maximal 100 cm/sec nicht die Strömungsintensitäten der entsprechenden Westwindflut erreicht, da eben die Wetterlage in der ganzen Helgoländer Bucht stauend auf den Ebbabfluß wirkt, zumal der Wind inzwischen von Südwest auf Westsüdwest drehte.*)

Bei der betrachteten Ebbe fällt noch auf, daß die Geschwindigkeiten während der zweiten Hälfte der Tide ohne nennenswerte Abnahme von der Oberfläche bis zum Boden herab reichen, wie dieses bereits am Anfang der zugeordneten Flut des Vortages der Fall ist. Eine derartige Vertikalverteilung der Geschwindigkeiten führt selbstverständlich zu einer stärkeren Wassertrübe.

Die entgegengesetzte Wetterlage herrschte am 24. 4. 1957 (Flut bei Nordost, Stärke 5) und am 25. 4. 1957 (Ebbe bei Ostnordost, Stärke 6). In diesem Fall tritt überhaupt kein erster starker Flutschwall ein; die Flut erreicht erst um ihre vierte Stunde das Geschwindigkeitsmaximum mit nur 90 cm/sec gegenüber etwa 150 cm/sec bei starken südwestlichen Winden. Die öst-

*) An dieser Stelle möchte ich darauf hinweisen, daß wir die jeweiligen Windverhältnisse in der Wesermündung von Herrn Dr. Rixecker, dem Leiter der Wetterwarte Bremerhaven, ausführlich bearbeitet und diskutiert erhielten, wofür ich ihm besonders dankbar bin.

liche Wetterlage über der Helgoländer Bucht läßt es gar nicht erst zu einer stärkeren Flutentwicklung im gesamten Außenweserraum kommen. — Im Durchschnitt ist auch die Geschwindigkeit der unter den gleichen Windverhältnissen stehenden Ebbe des Fedderwarder Prieles nicht größer als die der zugeordneten Flut; lediglich nach der zweiten Ebbstunde erreicht sie vorübergehend eine Spitze von etwa 120 cm/sec, die aber schnell wieder abklingt. Man erwartet zunächst bei starken östlichen Winden eine intensiv entwickelte Ebbe, aber es zeigt sich hier, wie auch an den übrigen bei östlichen Winden beobachteten Tiden, daß die Ebbe gar nicht entsprechend entwickelt ist, da das betreffende Wattgebiet schon während der Flut nur geringe Wassermengen zugeführt bekam. — Ganz anders liegen die Verhältnisse natürlich in Gewässern, deren Oberlauf geöffnet ist, wie etwa in der Unterweser selbst, wo bei ablandigen Winden einer schwachen Flut eine starke Ebbe entspricht. Demnach wird im inneren Fedderwarder Priel die Ebbe stets dann am intensivsten sein, wenn bei mäßigen Winden aus Südwest bis West bereits beträchtliche Flutwassermengen einströmten, um dann bei Ebbe wieder hinauszudrängen, was bei starken und stürmischen westlichen Winden natürlich nicht mehr der Fall sein kann.

In den beiden hier erwähnten, unter östlichem Windeinfluß stehenden Tiden greifen übrigens trotz der Einengung des Prieles und damit des Strömungsfeldes die maximalen Geschwindigkeiten nicht bis auf die bodennahen Schichten durch, da die Tiden eben zu schwach ausgeprägt sind.

Wendet man sich auf der Tafel V den den Westwindtiden zugehörigen Isoplethen der Sinkstoffverteilung zu, so fällt einem sogleich die für die Verhältnisse im Fedderwarder Priel außerordentlich hohe Sinkstoffkonzentration während der Fluttide des 20. 3. 1957 auf, die besonders mit und nach dem ersten Flutschwall in Erscheinung tritt, und zwar zunächst am Boden beginnend und später auf die ganze Wassersäule übergreifend. So werden während und nach der zweiten Flutstunde Maximalwerte von 200 mg/l erreicht, die fast bis zur Wasseroberfläche aufquellen. In allen Fällen, in denen ein ausgeprägter erster Flutschwall entwickelt ist, bringt dieser einen beträchtlichen Sinkstofftransport in Gang, der dann in der zweiten Hälfte der Flut schnell wieder abklingt (auf etwa 50 mg/l). — Da die Geschwindigkeiten der entsprechenden Ebbe am nächsten Vormittag trotz geringerer Intensität auch bis zum Prielboden durchgreifen, und zwar in der zweiten Tidenhälfte stärker als zu Anfang der Tide, wird auch hierbei eine starke Trübung aufgewirbelt, die um die vierte und fünfte Ebbstunde immerhin Spitzenwerte von etwa 150 mg/l erreicht. — Am 24. und 25. 4. 1957, den Tagen stärkerer östlicher Winde, liegen die Konzentrationen nur um 50 mg/l, wenn man absieht vom Anfang der Flut und dem Ende der Ebbe, bei denen die Trübe um 80 bis 90 mg/l schwankt.

Station „Süd" wurde am 26. 6. 1957 (Ebbe, Nordwest Stärke 5) und am 27. 6. 1957 (Flut, Südwest Stärke 5) aufgesucht; Tafel VI. Beim Isoplethenbild der Ebbe fällt vor allem auf, daß die Intensität in der vierten Stunde

nach Hochwasser rapide abnimmt, wobei gleichzeitig schon das Niedrigwasserniveau praktisch erreicht ist! Die Ebbe ist mit anderen Worten zur vierten Ebbstunde weitgehend vorüber, und während der letzten Stunden der Tide stagniert das Wasser mehr oder minder. Dieses Phänomen wurde nicht nur bei stauend wirkenden Nordwestwinden beobachtet, sondern auch bei nördlichen oder gar östlichen Winden und ist typisch für den Oberlauf solcher weitgehend abgeschlossener Prielsysteme. Die Maximalgeschwindigkeit der Ebbe liegt hier, wie auch mehrfach anderenorts und unter anderen Wetterverhältnissen festgestellt wurde, bei etwa 100 cm/sec; die Strömungsintensität greift dabei nicht bis zum Boden durch, was eigentlich nur an der Station „Mitte" bei stärkeren Westwinden beobachtet wurde.

Die Intensitäten der Fluttide des folgenden Vormittags übertreffen die der eben betrachteten Ebbe nicht; das gilt auch für die beiden bei anderer Wetterlage beobachteten Tidepaare an der Station „Süd". Das Überwiegen des Fluteinflusses ist demnach nur für den breiteren Unterlauf des Fedderwarder Prieles typisch. Außerdem konnte bei keiner der drei an der Station „Süd" untersuchten Fluttiden der im Unterlauf häufigere erste Flutschwall festgestellt werden, ganz im Gegenteil entwickelt die Flut hier ihre Maximalintensität erst um die vierte Stunde nach Niedrigwasser, und sie klingt dann erst etwa mit der sechsten Flutstunde mehr oder minder schnell ab. Auch dieses Phänomen ist typisch für den Verlauf der Flut im Oberlauf größerer, oben weitgehend abgeschlossener Priele. Die Flut dringt zunächst in den engen Oberpriel mit verminderter Intensität ein; sie steigert sich dann in der zweiten Fluthälfte beträchtlich, wenn nämlich die am Oberlauf befindlichen, relativ hohen Wattplaten zum Schluß der Tide vollaufen; dann „zieht die Flut noch nach". — Umgekehrt hat die Ebbe hier ihre größte Intensität in der ersten Hälfte der Tide, d. h. die erste Ebbe bringt das meiste Wasser aus den oberen Platen seewärts. Ähnliches wurde auch von Hansen, 1957, für trichterförmige, am Oberende abgeschlossene Priele ohne Oberwasser errechnet.

Sowohl am 21. und 22. 5. 1957 wie am 19. und 20. 9. 1957 wurden weitere Tidepaare an der Station „Süd" untersucht, und zwar im Mai bei schwachen bis mäßigen umlaufenden, später auf Nord drehenden und im September bei zunächst starken westlichen, später schwachen östlichen Winden. — Trotz der wechselvollen Wetterlagen sind diesen Tiden dieselbe Geschwindigkeitsintensität und -entwicklung eigen, wie sie bei der eben diskutierten Ebbe und Flut vom Juni 1957 in Erscheinung traten, d. h. daß die Flutintensität maximal in der zweiten Hälfte der Tide und die Ebbintensität maximal in der ersten Hälfte der Tide entwickelt sind, daß die Geschwindigkeitsmaxima nie bis zum Boden durchgreifen (für die Trübe von Bedeutung) und daß die Maxima der Fluttiden diejenigen der Ebbe im Gegensatz zu den Verhältnissen weiter prielabwärts n i c h t übertreffen, wobei ca. 100 cm/sec nicht überschritten werden.

Auf T a f e l VII sind die den diskutierten Junitiden der Stadtion „Süd" entsprechenden Sinkstoffverteilungen dargestellt. Bemerkenswerterweise

ist das Wasser in diesem Ebb-Beispiel wie auch in auffallender Übereinstimmung mit den beiden übrigen Ebbtiden der Station „Süd", trotz der Nähe der Grodenkante, recht klar. Es weist, von einer vorübergehenden Steigerung des Sinkstoffgehaltes um die vierte und fünfte Ebbstunde abgesehen, nur etwa 30 bis 50 mg/l Sinkstoffe auf. Obgleich die Intensität der Ebbe am Ende der Tide wesentlich nachläßt, tritt gerade zu dieser Zeit bei den beobachteten Ebb-Beispielen eine Steigerung der Trübe auf rund 80 bis 100 mg/l ein. Diese Maxima werden nicht überschritten, die bei 150 bis 200 mg/l liegenden Trübungswerte der Station „Mitte" nicht erreicht. Es wird sich bei der späten Ebbtrübe wieder um das letzte Watt- und Prielwasser handeln, das am Tidenende sinkstoffangereichert aus den Kleinprielen der Watten abströmt. — Die Fluttide des 27. 6. 1957 zeigt ebenfalls während ihres größten Teiles ein recht klares Wasser von etwa 30 bis 50 mg/l Sinkstoffen, aber am Anfang der Tide tritt, wie bei fast allen Fluttiden des ganzen Prielsystemes, eine in diesem Falle wieder zwischen 80 und 100 mg/l liegende Trübungsspitze in Erscheinung, und das, obwohl gerade hier im Südteil des Prieles von einem ersten Flutschwall gar nicht die Rede sein kann. Es ist also die Verteilung der Trübung im Verlaufe der einzelnen Tiden z. T. unabhängig von den gleichzeitigen dynamischen Vorgängen; fast immer liegt, ob es sich nun um schwach- oder starkwindiges Wetter handelt, die Trübungsspitze am Anfang der Flut und am Ende der Ebbe, d. h. wenn die Watten fast wasserfrei sind und die in den Wattgewässern suspendierte Trübe bei niedrigem Wasserstand in den Prielläufen zusammengedrängt ist (VAN STRAATEN, 1957); dabei liegen die Absolutwerte in der Mündung und vor Fedderwarder Siel etwa gleich hoch und infolge der düsenförmigen Verengung am Mittelsand zumindest in den Spitzenwerten etwa doppelt so hoch.

Im folgenden wollen wir uns dem Durchgang der Wasser- und Sinkstoffmengen während der beobachteten Tiden an den drei Stationen zuwenden:

Diese Durchgänge wurden quantitativ nach den im methodischen Teil erwähnten Berechnungen ermittelt und sind anschließend tabellarisch zusammengestellt und diskutiert. — Da leider keine Möglichkeit bestand, ein und dieselbe Tide an allen drei Stationen simultan zu messen, ist die Aufstellung eines quantitativen Wasser- und Sinkstoffhaushaltes im Fedderwarder Priel nicht möglich. Unter diesen Umständen soll u. a. nur versucht werden, sich eine größenordnungsmäßige Vorstellung zu machen von den u. U. möglichen Austauschvorgängen im Prielverlauf, was nämlich dann möglich ist, wenn zwei zeitlich getrennte Tiden unter fast gleichen Windverhältnissen stehen. Nur dann läßt sich überschlägig aussagen, wieviel Wasser (Sinkstoff) der einen Station noch die nächst benachbarte Station erreicht oder nicht. — Simultane und über einen längeren Zeitraum ausgedehnte Strömungs- und Sinkstoffmessungen könnten einen quantitativen Aufschluß geben über den Charakter einer evtl. Erosion oder Sedimentation eines größeren Prielgebietes.

Tabelle

der Durchschnittsgeschwindigkeit und -trübung der während der beobachteten Tiden passierten Wasser- und Sinkstoffmengen

Station	Datum u. Art der Tide	Wind	Durchschn.-Geschw. in cm/sec	Durchschn.-Trübe in mg/l	Passierte Wassermenge in Mill. m^3	Passierte Stickstoffmenge in to
Nord	11. 10. 56 Flut	W 4	55	58	77	4300
Nord	17. 10. 56 Ebbe	SW 5	39	49	54	2600
Nord	20. 2. 57 Flut	NO 4	59	103	86	8300
Nord	27. 2. 57 Ebbe	NNW 5	32	63	45	2700
Mitte	14. 3. 57 Ebbe	W 7	38	105	33	3700
Mitte	20. 3. 57 Flut	SW 6	58	103	56	6500
Mitte	21. 3. 57 Ebbe	WSW 6	49	87	45	3900
Mitte	24. 4. 57 Flut	NO 5	35	55	35	1800
Mitte	25. 4. 57 Ebbe	ONO 5	35	62	33	2000
Süd	21. 5. 57 Flut	W 3	42	47	20	1000
Süd	22. 5. 57 Ebbe	N 4	40	79	18	1500
Süd	26. 6. 57 Ebbe	NO 5	42	57	17	900
Süd	27. 6. 57 Flut	SW 5	48	57	21	1100
Süd	19. 9. 57 Flut	WNW 6	41	63	19	1200
Süd	20. 9. 57 Ebbe	ONO 2	40	70	15	1000

Das in der Tabelle niedergelegte Ergebnis der Untersuchungen zeigt ganz allgemein starke Schwankungen aller angeführten Resultate, die auf den ersten Blick oft unerklärlich sind, wie z. B. die Tatsache, daß ausgerechnet der höchste Durchschnittswert der Stromgeschwindigkeit (etwa 60 cm/sec

an der Station „Nord") am 20. 2. 1957 bei nordöstlichen Winden auftritt. Aber erstens weist die Flut im Mündungsgebiet eher Spitzenwerte auf als weiter prielaufwärts, und zum anderen strömte sie am 20. 2. 1957, schon rein visuell feststellbar, bald nach der Überflutung des niedrigen Leitdammes recht heftig unter dem nordöstlichen Winddruck in den Priel ein. Sowohl bei frischen südwestlichen wie entsprechenden nördlichen, also fast konträren Winden weist demgegenüber die Ebbe an der Mündung geringe Durchschnittsgeschwindigkeiten (bis herunter auf etwa 30 cm/sec) auf, die zum Teil sogar die Werte im Südteil des Prieles unterschreiten. Das wird seine Ursache darin haben, daß die Station in einem typischen Flutarm liegt, durch den das Wasser bei Flut zwar heftig einströmt, dann aber — noch vor Eintritt der Ebbe — weiter östlich über den oberen Mittelpriel und das Watt hinweg in das Weserfahrwasser gelangt und so zum Teil durch den Nordpriel und das I-Loch abstreicht. Das würde bedeuten, daß dieser Flutarm, der östlich des Mittelsandes verläuft, noch ein weitgehend offenes Prielsystem darstellt, durch welches viel Flutwasser einströmt, das dann bei Ebbe teilweise einen anderen Weg nimmt. Wir wollen uns jedoch bei der Station „Nord" darüber im klaren bleiben, daß solche Betrachtungen nicht zu sehr ins Quantitative ausgedehnt werden können, da es sich bei den verglichenen Tiden nicht um unmittelbare Anschlußgezeiten handelt, wenn sie auch bei etwa gleichen Wetterverhältnissen gemessen wurden und daher angenähert vergleichbar sind. — Auffallend ist ferner bei Station „Nord", daß die Durchschnittstrübe bei fast gleichen Geschwindigkeiten der Flut vom 11. 10. 1956 und derjenigen vom 20. 2. 1957 im ersten Fall nur etwa 60 mg/l, im zweiten Fall jedoch über 100 mg/l aufweist; entsprechendes gilt dann auch für die zugehörigen, während der ganzen betrachteten Tide transportierten Sinkstoffmengen. Sie liegen am 20. 2. 1957 fast doppelt so hoch wie bei der ersten untersuchten Flut und stellen mit über 8000 Tonnen gleichzeitig das absolute Maximum aller entsprechenden Werte dar. Am 11. 10. 1956 brachten eben die westlichen Winde reineres, klareres „Westwasser" aus dem Raum der Mellumplate heran, während am 20. 2. 1957 der quer über das Weserfahrwasser wehende Nordostwind offensichtlich am Leitdamm eine beträchtliche Brandung und damit Aufwirbelung des bodennahen Wassers hervorrief und so die „Saumtrübe" (Lüneburg, 1955) in die Mündung des Prieles drückte. Es kommt hinzu, daß die Weser am 20. 2. 1957 etwa die doppelte Oberwassermenge (800 bis 900 m^3/sec) führte wie am 11. 10. 1956 und somit verstärkt Trübung aus dem Raume Bremerhaven seewärts vorrücken ließ. Diese verstärkte Trübung konnte sich bei dem vorherrschenden Nordostwind leicht in der Mündung des Fedderwarder Prieles geltend machen. Da die Ebbe an der Station „Nord" weniger intensiv entwickelt ist als die Flut, sind die von ihr durch den dortigen Querschnitt transportierten Wassermengen um etwa $^1/_3$ bis $^2/_5$ niedriger als die entsprechenden Flutwassermengen, und die transportierten Sinkstoffmengen liegen um $^2/_5$ resp. $^2/_3$ niedriger als die entsprechenden Sinkstoffmengen der zugeordneten Flutiden. Besonders schwach ist die Ebbe des 27. 2. 1957 ausgeprägt, da an

diesem Tage frische Winde in die Prielmündung hineinwehten. Aber auch die für die Ebbe günstigere Südwestwindlage am 17. 10. 1956 führt zu keiner nennenswerten Steigerung der Intensität dieser Tide. Es scheint also wirklich, als ob ein beträchtlicher Teil der von der Flut an der Prielmündung hereingeführten Wasser- und Sinkstoffmengen nicht mehr mit der Ebbe durch den gleichen Querschnitt seewärts abgeführt wird (u. U. kann es sich um die Hälfte der „importierten" Mengen handeln), sondern im Raume südostwärts verbleibt oder aber von dort auf kürzerem Wege direkt wieder in die Außenweser gelangt.

Beträchtlich sind auch die während einer einzigen Tide in der Mündung beförderten Wassermassen: So entsprechen beispielsweise die beiden dort betrachteten Flutwassermengen mit rund 80 Millionen m^3 jeweils etwa der zehnfachen mittleren Wassermenge der Weser am Pegel Intschede bei Bremen (für die Zeitdauer von etwa 6,5 Stunden). Andererseits ist der Wassertransport in den großen Außentiefs, wie etwa der Robins Balje, u. a. noch einige Male größer als im Fedderwarder Priel. So stellte das Marschenbauamt Husum fest, daß die zwischen den nordfriesischen Inseln Pellworm und Nordstrand (westlich Husum) verlaufende Norderhever während einer Fluttide etwa 400 Millionen m^3 Wasser transportiert (Lorenzen, 1956). In dänischen Großprielen südlich Esbjerg wurde mindestens die doppelte Menge des Fedderwarder Umsatzes beobachtet; so z. B. im Juvre Tief bei der Insel Römö gegenüber unserem Beispiel die doppelte Menge, etwa 150 Millionen m^3 pro Tide (Möller, J. T., 1956).

Aus der Tabelle geht weiter hervor, daß an der Station „Mitte" die durchschnittlichen Ebbgeschwindigkeiten wieder, wie schon im Mündungsgebiet, zwischen 30 und 40 cm/sec liegen, wobei die Ebbe am 21. 3. 1957 bei starken Südwestwinden besonders günstige Abflußbedingungen zu haben scheint, denn sie erreicht fast 50 cm/sec. Die beiden Starkwindebben der Station „Mitte" weisen im übrigen relativ hohe Durchschnittstrübungen auf, hervorgerufen durch die seegangbedingte Aufwirbelung des benachbarten Wattbodens zur Hochwasserzeit. — Aufschlußreich ist ein Vergleich zwischen der Fluttide vom 20. 2. 1957, Station „Nord", bei Nordostwind, Stärke 4, und einer fast gleichen Windverhältnissen (Nordost 5) ausgesetzten Fluttide vom 24. 4. 1957 der Station „Mitte". Während im Norden eine Durchschnittsgeschwindigkeit von rund 60 cm/sec erreicht wird, liegt der entsprechende Wert der Station „Mitte" nur bei 35 cm/sec! Damit ist erwiesen, daß die starke Nordostflut an der Mündung ein lokales Phänomen darstellt, hervorgerufen durch das unter nordöstlichem Winddruck stehende Überfließen des flachen Leitdammes. Dieser Impuls dringt also trotz des im Unterlauf prielparallelen Nordostwindes nicht über die Barre nordwestlich des Mittelsandes weiter nach Süden vor. Die der Nordostflut an Station „Mitte" zugeordnete Ebbe zeigt fast gleichwertige Umsätze; bei schwacher Flut bleibt die Ebbe ebenfalls schwach entwickelt. Erstaunlich ist noch beim weiteren Vergleich der beiden Nordostfluttiden

neben dem Unterschied der Wassermengen die beträchtliche Differenz der Trübe und vor allem der passierenden Sinkstoffmengen. Bei nur mäßigen Nordostwinden gingen während der gesamten Fluttide im Norden des Prieles über 8000 Tonnen Sinkstoffe hindurch; das ist der höchste Wert aller unserer Untersuchungen, den man eher im Innern des Wattes und vor allem bei stärkeren westlichen Winden erwartet hätte. Der entsprechende Wert der Vergleichsflut an Station „Mitte" erreicht demgegenüber noch nicht einmal 2000 Tonnen. Die Maximalwerte der Station „Nord" haben ihre Ursache in dem erwähnten intensiven Überfließen des Leitdammes und darin, daß im Verlauf der Tide in der dritten Flutstunde relativ hohe Trübungswerte um etwa 100 mg/l mit der Geschwindigkeitsspitze von etwa 150 cm/sec genau zusammenfallen. Ein derartiges Zusammentreffen führt dann zu dem beträchtlichen Sinkstofftransport, wie er sich aus der Betrachtung der Durchschnittswerte nicht ohne weiteres ergibt. — An Station „Mitte" weist die starke Südwestflut vom 20. 3. 1957 mit Geschwindigkeiten von immerhin ca. 60 cm/sec im Durschnitt den größten Mengentransport auf. Trotz der beträchtlichen Trübe des ersten Flutschwalls werden dennoch in dieser Tide die eben erwähnten Maximaltransporte der Station „Nord" nicht erreicht (nur 6500 Tonnen), da die gesamten hindurchgezogenen Wassermassen nur 56 Millionen m^3 betragen, bedingt durch den dort um etwa $^1/_3$ kleineren Querschnitt. — Der nördliche Querschnitt weist unter dem SKN-Niveau bei einer Tiefe von 12 m und einer Breite von etwa 800 m eine Fläche von ca. 5000 m^2 auf, der Querschnitt an Station „Mitte" hat unter dem SKN-Niveau bei einer Tiefe von 12 m und einer Breite von etwa 600 m eine Fläche von ca. 3000 m^2 und der südliche Querschnitt schließlich c. p. eine Fläche von rund 1500 m^2; die Tiefe beträgt dort bei einer Breite von etwa 300 m 8 m unter SKN.

Greifen wir schließlich die bemerkenswertesten Ergebnisse an der Station „Süd" heraus, so fällt generell auf, daß sich die Durchschnittsgeschwindigkeiten aller dort beobachteten sechs Tiden unabhängig von Windstärke (Beaufort 2—6) und Richtung konstant zwischen 40 und fast 50 cm/sec halten, ganz im Gegensatz zu den großen Streuungen im seewärtigen Verlauf des Prieles. Das besagt, daß in dem schmalen Lauf entlang der Butjadinger Grodenkante den gezeitenbedingten Niveauunterschieden eine größere Bedeutung zukommt als dem Wind. Dementsprechend sind auch die Schwankungen der Wassertrübe nicht so groß wie weiter nördlich. Die größte Trübe (ca. 80 mg/l im Durchschnitt) weist eine unter dem Einfluß mäßiger Nordwinde stehende Ebbe vom 22. 5. 1957 auf. An dem betreffenden Tag wehten die Winde mit einer Stärke von immerhin 4 bis 5 Beaufort zur Zeit der vorhergehenden Wasserbedeckung auf die Butjadinger Grodenkante hinauf und riefen so eine in den übrigen fünf Fällen nicht in Erscheinung getretene erodierende Brandung hervor. Bei stärkeren auflandigen Winden (aus nördlichen Richtungen) werden daher die Erosion und der anschließende Abtransport von Sinkstoffen am größten sein. — Angesichts des gegenüber dem Profil „Mitte" um weitere 50 %

verkleinerten Querschnitts der Station „Süd" nimmt es nicht mehr wunder, daß die passierten Wassermengen nur etwa zwischen 15 bis 20 Millionen m^3 pro Tide betragen und die transportierten Sinkstoffmengen nur rund 1000 bis 1500 Tonnen pro Tide ausmachen. Das ist etwa die Hälfte der die Station „Mitte" und ca. $^1/_4$ bis $^1/_3$ der die Station „Nord" passierenden Wassermengen, womit feststehen dürfte, daß hier ca. 50 % der die Station „Mitte" passierenden Mengen auf den Mittelpriel und 50 % auf den südlichen, uferparallelen Arm des Fedderwarder Prieles entfallen. — Hinsichtlich des Sinkstofftransportes wird festgestellt, daß dieser an der Station „Süd" nur etwa $^1/_3$ des entsprechenden Wertes der Station „Mitte" und der Station „Nord" ausmacht.

Im übrigen erhellt aus der Tabelle ausnahmslos, daß an allen drei Stationen die hereingeführten Wassermassen die mit der Ebbe wieder abströmenden Mengen beträchtlich übertreffen; dieser Flutüberschuß ist an der Station „Nord" am größten. Die Wassermassendifferenz zwischen Flut und Ebbe muß, wie erwähnt, an allen Stationen mit der letzten Flut sowie mit der ersten Ebbe durch die I- und K-Löcher und den Nordpriel direkt in das Hauptfahrwasser der Außenweser hineingehen. — Beim Sinkstofftransport gilt ähnliches: Es herrscht immer ein „Importüberschuß" an Sinkstoffen vor, der bemerkenswerterweise von Nord nach Süd abnimmt. Im Südteil wurde sogar gelegentlich bei auflandigen Winden ein „Exportüberschuß" an Sinkstoffen beobachtet, wahrscheinlich bedingt durch die dann auftretende verstärkte Ufererosion! Selbstverständlich gehen auch alle überschüssigen, mit der Flut aus der Außenweser hinzugekommenen, feinsandigen Sinkstoffe wieder durch die erwähnten Nebenpriele ab, da andernfalls das ganze Langlütjengebiet schnell verschlicken und versanden würde, was jedoch auf den dortigen Watten und besonders am Südarm des Prielsystems keineswegs der Fall ist.

Dieser allgemeine Überblick über Zufuhr und Abfuhr an Wasser und Sinkstoffen mag uns eine größenordnungsmäßige Bilanz geben; die Aufstellung eines exakten Wasser- und Sinkstoffhaushaltes ist unmöglich, da eben die Beobachtungen nicht simultan an allen Stationen innerhalb ein und derselben Tide durchgeführt werden konnten.

Bei der Abhängigkeit des Sinkstofftransportes von der Stromgeschwindigkeit sind die maximalen Geschwindigkeiten von besonderer Bedeutung für die Menge des transportierten Materials, wenn bisher auch noch keine hinreichenden Grundlagen zur Aufstellung quantitativer Beziehungen zwischen der Stromgeschwindigkeit und dem Sinkstofftransport vorliegen (Hansen, 1957). Vergleicht man aber die maximalen Geschwindigkeiten unserer nur als Stichproben zu wertenden Tiden, so kann man feststellen, daß trotz aller wetterbedingten Zufälligkeiten die maximalen Stromgeschwindigkeiten der Flut ($v_{f\,max}$) diejenigen der Ebbe ($v_{e\,max}$) im Unterlauf des Prieles eher übertreffen als weiter oberhalb. An der Station „Süd" ist bei allen beobachteten Fällen, die zu den verschiedensten Wetter-

lagen gehören, $v_{f\,max}$ gleich oder kleiner als $v_{e\,max}$. Diese Tatsachen sind im folgenden kurz tabellarisch zusammengestellt.

Station „Nord"

	11. 10. 56/17. 10. 56		20. 2. 57/27. 2. 57	
$v_{f\,max}$	110	—	150	—
$v_{e\,max}$	—	100	—	100

Station „Mitte"

	14. 3. 57	20. 3. 57/21. 3. 57		24. 4. 57/25. 4. 57	
$v_{f\,max}$	—	140	—	90	—
$v_{e\,max}$	100	—	100	—	120

Station „Süd"

	21. 5. 57/22. 5. 57		26. 6. 57/27. 6. 57		19. 9. 57/20. 9. 57	
$v_{f\,max}$	100	—	—	100	100	—
$v_{e\,max}$	—	100	110	—	—	100

Bei Station „Mitte" ist bereits die $v_{f\,max}$ am 24./25. 4. 1957 infolge frischer Winde zwischen Nordost und Ost kleiner als $v_{e\,max}$. Die Tatsache, daß die $v_{f\,max}$ innerhalb vergleichbarer Wetterlagen vor allem an der Station „Süd" kleiner oder gleich $v_{e\,max}$ ist, erhärtet die oben bereits erwähnte Vermutung, daß im südlichen Priellauf u. U. die Erosion überwiegen kann, was weiter nördlich schon auf Grund der oben angestellten Betrachtungen der Massentransporte weniger der Fall ist. Das würde bedeuten, daß das im Süden erodierte Material zunächst in die zentralen Wattgebiete gelangt, um dann später mit dem erwähnten Reststrom durch die sogenannten I- und K-Löcher zu verschwinden.

Bisher betrachteten wir die Sinkstoffkonzentration in erster Linie als Funktion der hydrodynamischen und damit auch der diese beeinflussenden meteorologischen Vorgänge. — Aus früheren Trübungsuntersuchungen in der Wesermündung geht aber bereits hervor, daß die Sinkstoffe sekundär auch vom Salzgehalt gesteuert werden (Lüneburg, 1953 und 1955), und zwar derart, daß mit abnehmendem Salzgehalt bis herunter auf 5 ‰ und weniger die Trübe zunimmt, um dann weiter flußaufwärts ins Süßwasser hinein erneut auf einen Mindestbetrag abzusinken. Das hat seine Ursache vor allem darin, daß aus dynamischen Gründen im inneren Ästuar die sog. „Saumtrübe" der Seemarschen (Lüneburg, 1955) zu einer dicken „Trübungswolke"

konzentriert wird. D. h. der Salzgehalt beeinflußt nur scheinbar die Trübe und stellt eigentlich nur einen Indikator dar derart, daß eben das Sinkstoffmaximum bei etwa 3 bis 5 ‰ Salz, also im limnischen Brackwasser, liegt.

Diese Erscheinung gilt auch in abgeschwächtem Maße für das Gebiet des Fedderwarder Prieles. Diese nur für Tideästuare an Wattküsten typische Relation „Trübe zu Salzgehalt" wird im Fedderwarder Priel von den analogen Verhältnissen der Außenweser gesteuert und ist weitgehend durch hydrographische und meteorologische Einflüsse modifiziert.

In Tafel VIII ist die entsprechende Korrelation (auf Grund von über 100 Einzelmessungen) zur Darstellung gebracht. Von anomalen Ausnahmen abgesehen, scharen sich die Werte etwa um die in der Tafel VIII dargestellte Gerade. Wenn man bedenkt, daß diese Korrelation durch Überlagerung der erwähnten anderen Faktoren gestört ist, erscheint sie doch als recht deutlich existent, und man kann demnach sagen, daß bei einem Salzgehalt von rund 20 ‰ und weniger die Sinkstoffkonzentration (die Trübe) im allgemeinen über 70 mg/l beträgt (bis 100 mg/l und mehr), während bei einem Salzgehalt von über 20 ‰ kaum 70 mg/l erreicht werden. Damit hat man für das Fedderwarder Gebiet die Möglichkeit, lediglich durch Ausspindeln (aräometrische Bestimmung) des Salzgehaltes und ohne umfassende elektrooptische oder gravimetrische Bestimmungen einen überschlägigen Eindruck von der Sinkstoffkonzentration zu erhalten. Sinkstoffwerte unter 30 mg/l und über 250 mg/l wurden kaum beobachtet und können im allgemeinen als nicht existent betrachtet werden.

Schlußfolgerungen und Zusammenfassung

Unsere Untersuchungen über den Wasser- und Sinkstofftransport im Fedderwarder Priel in den Jahren 1956/57 führten u. a. zu der Erkenntnis, daß die in einer Tide (Flut oder Ebbe) bei etwa normalen Windverhältnissen umgesetzten Wassermengen größenordnungsmäßig rund das Zehnfache des Weseroberwassers bei Intschede (Bremen) innerhalb des gleichen Zeitraumes ausmachen, aber immer noch um ein Vielfaches unter den entsprechenden Mengen größerer Außentiefs, wie den Heverströmen bei Husum oder den ihnen entsprechenden Gewässern der Till und der Robins Balje am Knechtsand (vor Land Wursten) zurückbleiben. Ferner erfuhren wir, daß dieser Wassertransport nach Süden bis zum Ort Fedderwarden gegenüber der Mündung auf etwa ein Viertel zurückgeht, wobei sich die Wasser im Mittellauf vor der Mündung des Mittelprieles etwa zu halbieren scheinen, so daß rund die Hälfte durch den Mittelpriel, die andere Hälfte unmittelbar unter Land im Südarm entlangfließt. Von Ausnahmen abgesehen, ist die Ebbwassermenge bei gleichen Wetterlagen kleiner als die Flutmenge; d. h. ein gewisser Teil des „Wasserimportes" der Flut verläßt wahrscheinlich das im übrigen prielaufwärts weitgehend abgeschlossene System durch die sogenannten I- und K-Löcher etc. — Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, zur restlosen Er-

fassung der Massentransporte der betrachteten Gewässer entsprechende Messungen in den I- und K-Löchern anzustellen, und zwar möglichst mit vertikal angeordneten, simultan arbeitenden Serienflügelmessern, wie sie in kleineren Gewässern Hollands bereits im Gebrauch sind (POSTEMA, 1957). Auf alle Fälle sind in diesem Zusammenhang gleichzeitige Messungen im Unterlauf des Fedderwarder Prieles und in den I- und K-Löchern unerläßlich!

Die Tatsache, daß der Sinkstofftransport im Südarm des Prieles zwar wesentlich geringer ist, im allgemeinen aber dort bei Flut und Ebbe etwa den gleichen Wert hat und sogar zur Ebbzeit etwas überwiegen kann, weist darauf hin, daß dem erwähnten „Sinkstoffimport" des Nordteiles u. U. ein „Export" im Südteil entgegensteht, der seine Ursache in der an der Grodenkante und Schorre feststellbaren Erosion haben wird. — Es scheint angebracht, an dieser Stelle nochmals die Hinweise von LORENZEN, 1956, auf die Möglichkeit oder besser das Erfordernis der Einengung des Einzugsgebietes der schleswig-holsteinischen Großpriele zum Zwecke der Herabsetzung der erodierenden Tätigkeit dieser Gewässer zu erwähnen. Ohne hier wasserbautechnisch erforderlichen Entscheidungen vorgreifen zu wollen oder zu können, ist man bei der Lektüre der Arbeit von LORENZEN versucht, auch in unserem Falle Analogieschlüsse zu ziehen und dabei an eine Einengung des Einzugsgebietes des Fedderwarder Prieles zu denken etwa derart, daß im oberen verschlickten Raum von Tettens, Waddens und den Watten unmittelbar nordwestlich davon den Wasseraustausch mindernde Lahnungsfelder errichtet werden.

Zusammenfassend stellen wir fest, daß die in der Zeit vom Herbst 1956 bis Herbst 1957 durchgeführten hydrodynamischen und hydrographischen Stichprobenmessungen (Strömungsmessungen mit einem Flügelstrommesser und einem besonderen Richtungsanzeiger) an drei Punkten der Strommitte des Fedderwarder Prieles zu einer größenordnungsmäßigen Erkenntnis des bei normalen Windverhältnissen (keine Sturmlagen) möglichen Wasser- und Sinkstofftransportes führten (Wassermenge pro Tide — Flut oder Ebbe — maximal ca. 80 Millionen m^3, minimal ca. 15 Millionen m^3; Sinkstoffe entsprechend maximal ca. 8000 Tonnen, minimal ca. 1000 Tonnen Trockenmaterial). — Bei der mit Hilfe eines übernommenen empirischen Rechenverfahrens (mit relativ hohem Zeitaufwand) durchgeführten Auswertung der Meßergebnisse stellte sich ein Wasser- und Sinkstoffüberschuß im Norden und zum Teil im Mittellauf des Prieles, aber ein gelegentlicher Sinkstoffabgang an der Station „Süd" heraus. Es wäre empfehlenswert, zukünftig an dem kritischen, schon rein visuell als Erosionsgrodenkante auffallenden Ufer oberhalb und unterhalb des Ortes Fedderwarden häufige Messungen des dortigen Sinkstofftransportes durchzuführen.

Die Maximalgeschwindigkeiten der Strömung (vor allem bei Flut) betrugen bei den obwaltenden Windverhältnissen höchstens 150 cm/sec, während die Trübungen (Sinkstoffkonzentrationen) 30 mg/l nicht unterschritten und 250 mg/l kaum überschritten.

Im übrigen konnte festgestellt werden, daß für die hydrodynamischen Gegebenheiten in erster Linie die Wetterverhältnisse im ganzen Weserästuar und dem benachbarten Seegebiet und nicht so sehr an Ort und Stelle der einzelnen Beobachtungspunkte ausschlaggebend sind.

Es besteht trotz der Überlagerung durch den Strömungs- und Wettereinfluß eine offensichtliche Korrelation zwischen dem Salzgehalt und der Wassertrübe, wie dies in ähnlicher Weise bereits früher im Bereich der sogenannten Trübungswolke in der Wesermündung festgestellt werden konnte.

Außerdem zeigen die Ergebnisse der Salzgehaltsmessungen bei einem Vergleich mit früheren analogen Messungen auf der Wurster Seite der Wesermündung eine durchschnittliche Erhöhung gegenüber dem Nordufer um ca. 5 ‰, wobei der Salzgehalt bei geringem Vertikalunterschied um den Mittelwert von etwa 20 ‰, auf das ganze Untersuchungsjahr bezogen, pendelt. Dabei besteht kein nennenswerter Horizontalgradient des Salzgehaltes zwischen der Mündung und dem Hafen Fedderwarden.

Schließlich wird noch empfohlen, zukünftig in den oberen, räumlich nur gering ausgedehnten Zugängen des Prielsystems, den sogenannten I- und K-Löchern, analoge Messungen, und zwar gleichzeitig mit entsprechenden Untersuchungen an der Mündung des Hauptprieles, durchzuführen, um so u. U. einen echten Massenhaushalt für das ganze Prielsystem aufstellen zu können.

Anschrift des Verfassers:
Dr. Hans Lüneburg, Institut für Meeresforschung, Bremerhaven

Literaturverzeichnis

Fischer, O.: 1958. 2000 Jahre Kampf mit dem Meer an der Westküste Schleswig-Holsteins. „Wasser und Boden". Hamburg. 10. Jahrg., H. 1, S. 2—8.

Hansen, K.: 1952/53. The sediments and the transport of debris in the Graadyb Tidal Area Saertryk af Georgr. Tidsskr. Copenhagen. Bd. 52, S. 69—82.

Hansen, W.: 1957. Grundsätzliches über den Einfluß der Strömungen und Wasserstände in der Deutschen Bucht auf die Küstengestaltung. Deutsche Berichte zum XIX. Internat. Schiffahrtskongreß. Bonn. S. 270 ff.

Köritz, D.: 1956. Untersuchungen des Neuharlingersieler Außentiefs. Jahresbericht 1955 der Forschungsstelle Norderney. S. 69—83.

Kramer, J.: 1956. Die hydrologischen Verhältnisse im Hafengebiet von Norddeich. Jahresbericht 1955 der Forschungsstelle Norderney. S. 92—105.

Kramer, J., und D. Köritz: 1958. Untersuchungen des Uferabbruchs an der Wurster Küste beiderseits des Cappeler Tiefs. Hektographiertes Manuskript der Forschungsstelle Norderney. S. 1—27.

Lorenzen, J. M.: 1956. Gedanken zur Generalplanung im nordfriesischen Wattenmeer. „Die Küste". Heide/Holst. Jahrg. 5, S. 9—48.

Lüneburg, H.: 1953. Beiträge zur Hydrographie der Wesermündung. 2. Teil. Veröff. d. Inst. f. Meeresforschung, Bremerhaven. Bremen. Bd. II, H. 1, S. 15—51.

— 1955. Beiträge zur Hydrographie der Wesermündung. 4. Teil. Veröff. d. Inst. f. Meeresforschung, Bremerhaven. Bremen. Bd. III, H. 2, S. 228—270.

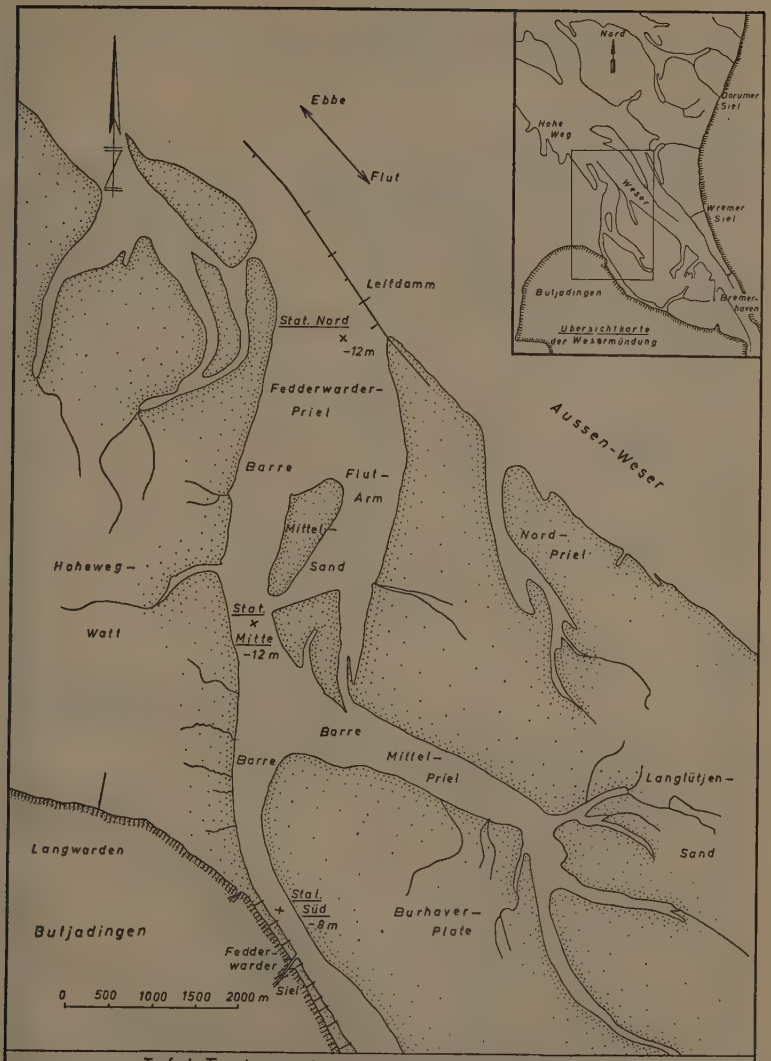
— 1957. Die Oberflächenbeschaffenheit bestimmter Wattypen der Wesermündung. Veröff. d. Inst. f. Meeresforschung Bremerhaven. Bremen. Bd. V, H. 1, S. 63—101.

Møller, J. T.: 1956. Kort over Juvre Dybs tidevandsomraade. Geogr. Tidsskr. Copenhagen. Bd. 55. S. 88—105.

Postema, P. W.: 1957. Een nieuw type stroomsnelheidsmeter. Polytechn. Tijdskrift. Nr. 43/44.

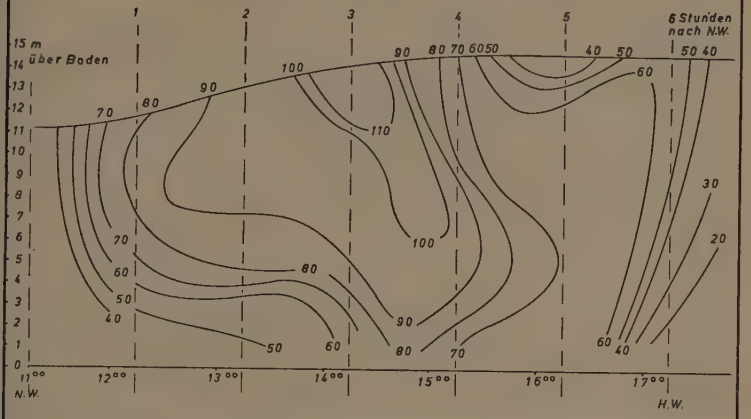
Press, H.: 1958. Taschenbuch der Wasserwirtschaft. Verlag Wasser und Boden. Hamburg.

van Straaten, L. M. J. U.: 1957. Accumulation of fine grained sediments in the Dutch Wadden Sea. Geologie en Mijnbouw, Groningen. 19. Jaargang. S. 329—354.

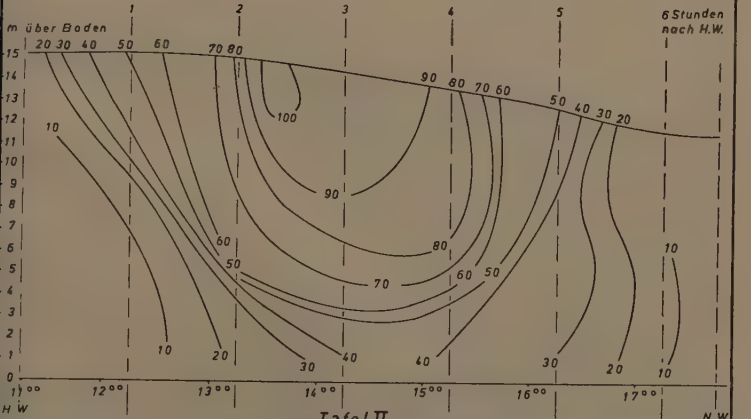


Tafel I Lage der Beobachtungsstationen

Isoplethendarstellung der Stromstärken (cm/sec.) in Prielmitte der Station „Nord" des Fedderwarder Prieles bei Flut
11.10.56 (West 4)

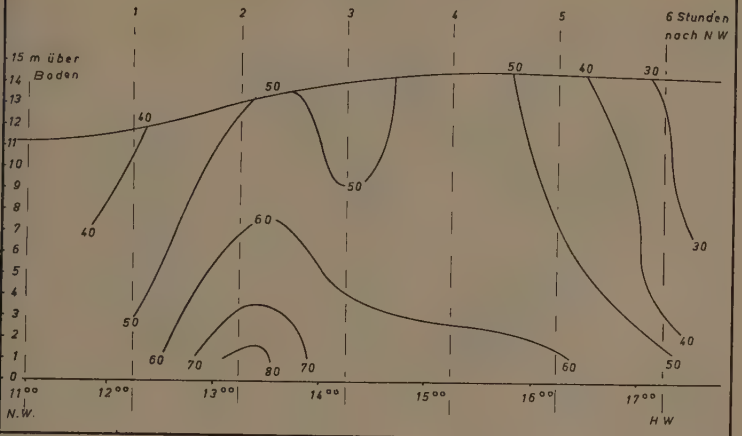


Die gleiche Darstellung bei Ebbe
17.10.56 (Südwest 5)

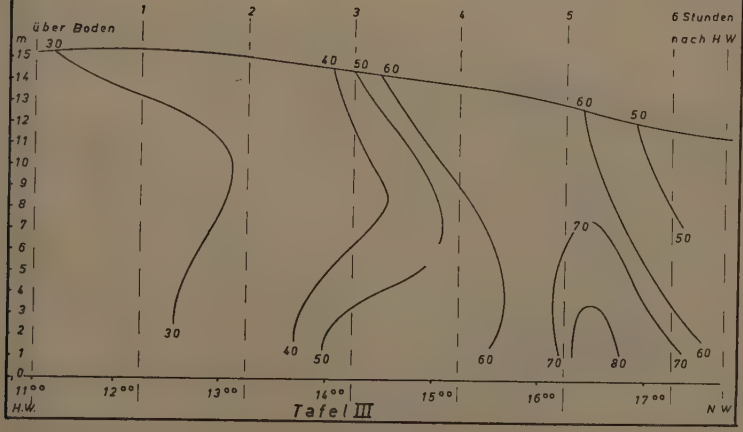


Tafel II

Isoplethendarstellung der Sinkstoffe (mg/l) in Prielmitte der Station „Nord" des Fedderwarder Prieles bei Flut
11.10.56 (West 4)

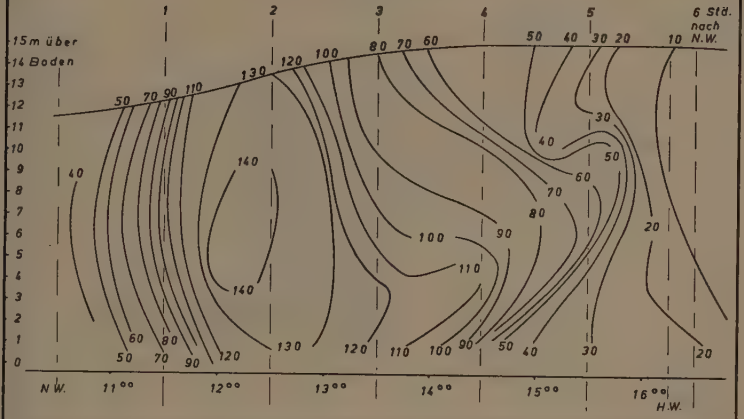


Die gleiche Darstellung bei Ebbe
17.10.56 (Südwest 5)

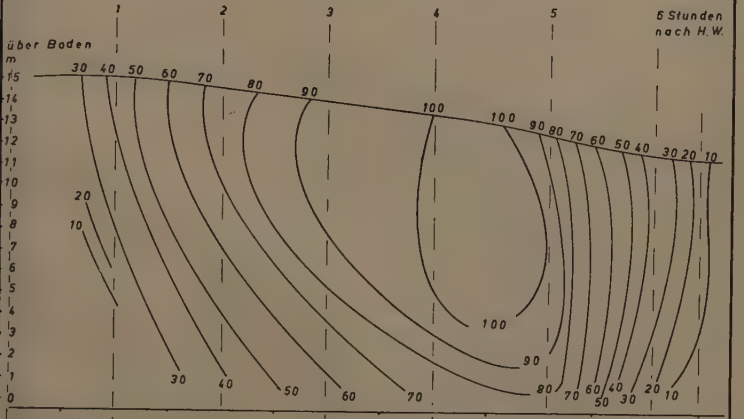


Tafel III

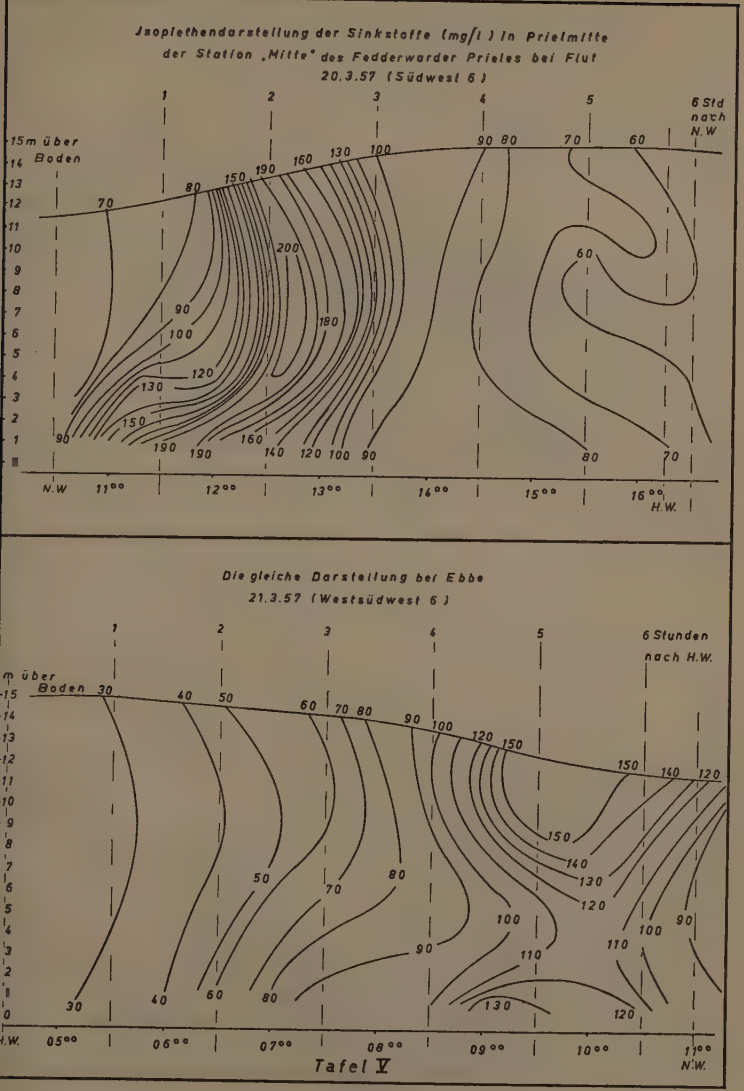
Isoplethendarstellung der Stromstärken (cm/sec) in Prielmitte der Station „Mitte" des Fedderwarder Prieles bei Flut 20.3.57 (Südwest 6)



Die gleiche Darstellung bei Ebbe 21.3.57 (Westsüdwest 6)

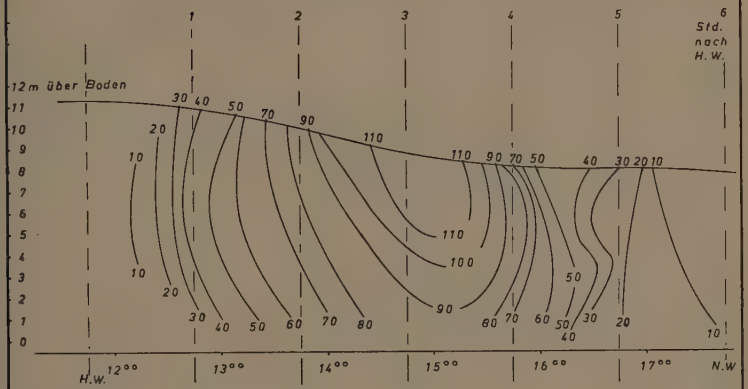


Tafel IV

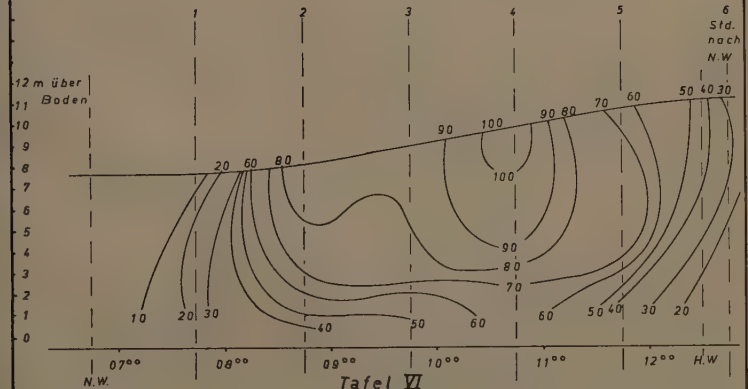

Isoplethendarstellung der Sinkstoffe (mg/l) in Prielmitte
der Station „Mitte" des Fedderwarder Prieles bei Flut
20.3.57 (Südwest 6)
1
2
3
4
5
6 Std nach N.W
15m über Boden
N.W
11°°
12°°
13°°
14°°
15°°
16°°
H.W.
Die gleiche Darstellung bei Ebbe
21.3.57 (Westsüdwest 6)
6 Stunden nach H.W.
m über Boden
H.W.
05°°
06°°
07°°
08°°
09°°
10°°
11°°
N.W.

Tafel V

Isoplethendarstellung der Stromstärken (cm/sec) in Prielmitte der Station „Süd" des Fedderwarder Prieles bei Ebbe
26.6.57 (Nordwest 5)

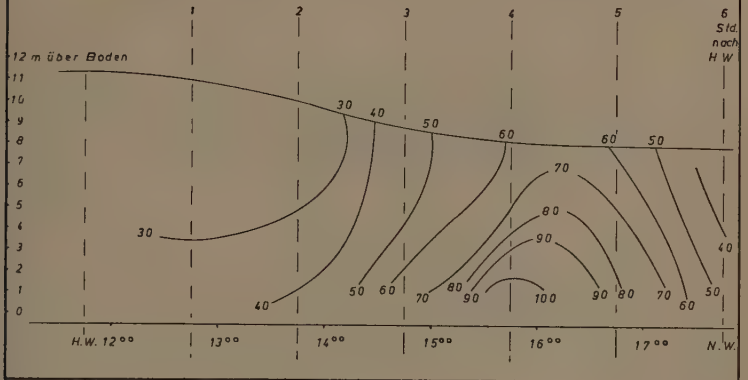


Die gleiche Darstellung bei Flut
27.6.57 (Südwest 5)

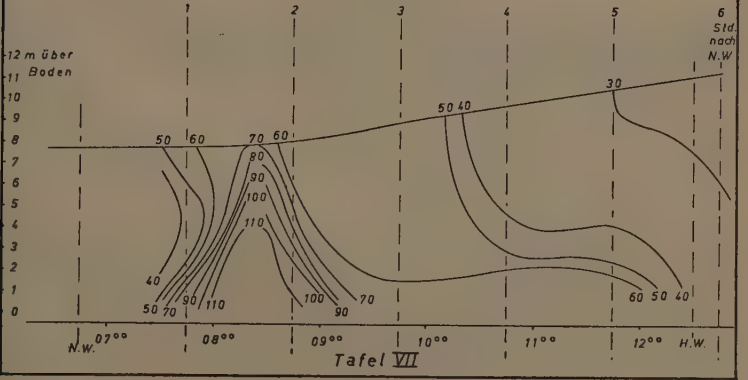


Tafel VI

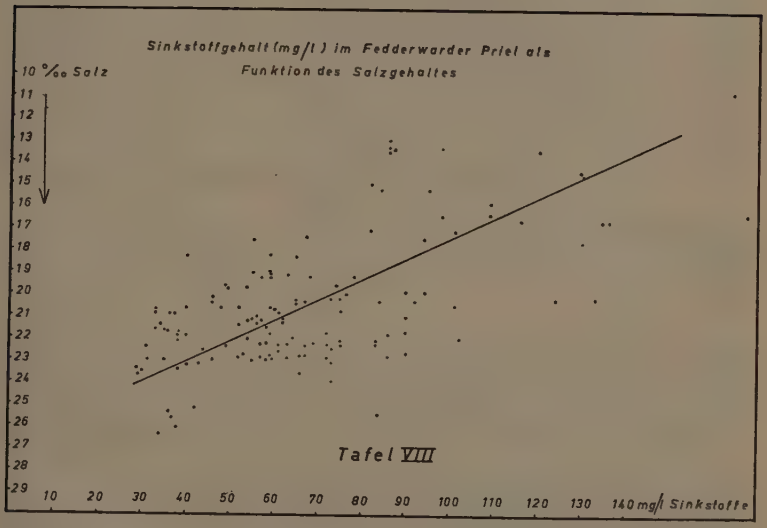
Isoplethendarstellung der Sinkstoffe (mg/l) in Prielmitte der Station „Süd" des Fedderwarder Prieles bei Ebbe 26.6.57 (Nordwest 5)



Die gleiche Darstellung bei Flut 27.6.57 (Südwest 5)



Tafel VII


Sinkstoffgehalt (mg/l) im Fedderwarder Priel als
Funktion des Salzgehaltes
10 ‰ Salz
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 mg/l Sinkstoffe

Tafel VIII

Betrachtungen über die Beziehungen zwischen dem Fett- und Wassergehalt und die Fettverteilung bei Konsumfischen

Von C.-H. Brandes und R. Dietrich

Bei unseren biologisch-chemischen Untersuchungen, die wir am Hering und Rotbarsch durchgeführt haben, kamen wir zu dem Ergebnis, daß das Verhältnis von Wasser zu Fett im Muskelfleisch, unabhängig von dem biologischen Verhalten beider Fischarten, annähernd gleich ist. Diese Beziehung wurde zahlenmäßig durch den Korrelationskoeffizienten bzw. Regressionskoeffizienten und graphisch durch die Fett-Wasser-Linie (F.W.-Linie) ausgedrückt. Im Zusammenhang damit wurde von uns bereits die Frage aufgeworfen, ob diese Beziehung für alle Konsumfische Gültigkeit haben könnte (Brandes-Dietrich, 1956).

Um diese Frage zu beantworten, wurden unsere Untersuchungen auf weitere sechs Fischarten ausgedehnt, und zwar auf Kabeljau *(Gadus callarias)*, Seelachs *(Pollachius virens)*, Schellfisch *(Melanogrammus aeglefinus)*, Blauleng *(Molva byrkelange)*, gestreiften Katfisch *(Anarrhichas lupus)*, gefleckten Katfisch *(Anarrhichas minor)*.

Das Ergebnis der Analysen zeigt, daß der Fettgehalt der Magerfische nur äußerst selten den Wert von 1 % überschreitet. Da bei den F.W.-Linien für Rotbarsch und Hering eine mittlere Fehlergrenze von $\pm$ 0,65 bzw. $\pm$ 0,70 zugrunde liegt, der Fettgehalt der Magerfische also im allgemeinen in diese mittlere Fehlergrenze fällt, läßt sich eine F.W.-Linie für Magerfische nicht aufstellen.

Die bisher von den Teilstücken der beiden Katfischarten vorliegenden Analysenergebnisse zeigen eindeutig, daß auch bei diesen fetthaltigeren Fischen eine Korrelation zwischen dem Fett- und Wassergehalt im eßbaren Anteil bestehen muß. Wegen der geringen Anzahl der Analysen (42) wurde zunächst von einer Berechnung des Korrelationskoeffizienten Abstand genommen. Die gefundenen Fett- und Wasserwerte haben wir jedoch in die Abbildung der F.W.-Linien (Abb. 1) mit eingetragen und die F.W.-Linie für den Katfisch graphisch ermittelt. Aus einem Vergleich dieser mit der F.W.-Linie vom eßbaren Anteil des Herings erkennen wir deutlich, daß die Katfischanalysen zur Berechnung eines summarischen Korrelationskoeffizienten für fette und halbfette Fische nicht mit herangezogen werden können, da die Abweichung beider F.W.-Linien voneinander im Mittel 3,5 % beträgt.

Nachdem nun die von uns untersuchten Magerfische und Katfische zur Aufstellung einer gemeinsamen F.W.-Linie für die Konsumfische ausfallen

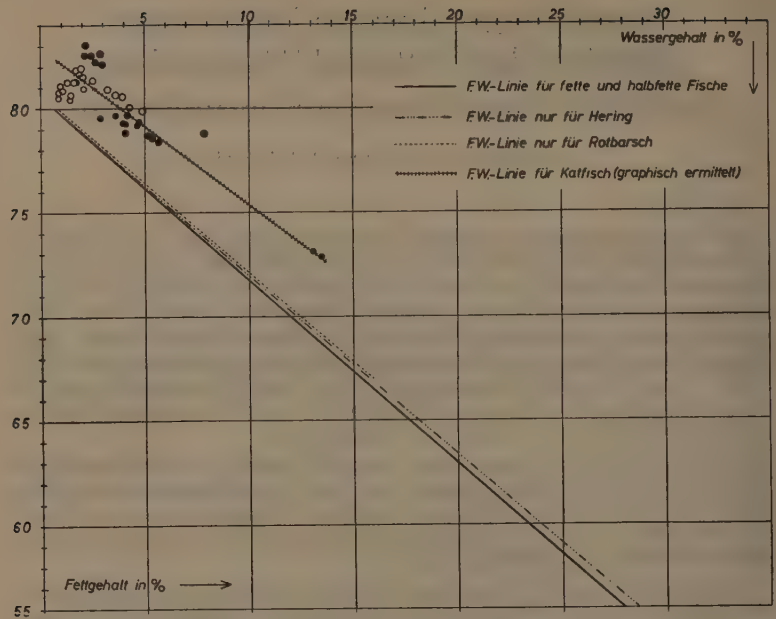


Abb. 1: Vergleich einiger F.W.-Linien. ○ gestreifter Katfisch. ● gefleckter Katfisch.

mußten, haben wir ergänzend zu unseren Herings- und Rotbarschanalysen noch Literaturanalysen der folgenden Fischarten *Aplodinotus grunniens, Osmerus mordax, Coregonus clupeaformis, Cristivomer namaycush* und *Cyprinus carpio* mit herangezogen. Wir konnten somit für sieben Fischarten der Gruppe I (fette und halbfette Fische) aus insgesamt 443 Analysen den Korrelationskoeffizienten errechnen:

$$\varrho = -0{,}9416 \; F(\varrho) = 0{,}0051$$

In der Tabelle I haben wir diesen summarischen Korrelationskoeffizienten mit den von uns einzeln ermittelten und schon früher veröffentlichten Werten für den eßbaren Anteil des Herings und Rotbarsches verglichen. Dabei zeigte sich, daß die Korrelation zwischen dem Fett- und Wassergehalt für fette und halbfette Fische, trotz des biologisch sehr heterogenen Materials, sehr stark und fast vollkommen ist.

Über den Regressionskoeffizienten wurde die F.W.-Linie für die fetten und halbfetten Fische der oben genannten Arten aufgestellt und in der Abbildung 1 mit den F.W.-Linien für Hering und Rotbarsch verglichen. Die mittlere Abweichung liegt zwischen +0,99 % und —0,71 % (Tabelle 2). Sie

Tabelle 1

Beziehungen zwischen dem Fett- und Wassergehalt, ausgedrückt durch den Korrelationskoeffizienten

Eßbarer Anteil	Anzahl der Analysen	ϱ	Standardfehler F (ϱ)
Hering	100	— 0,9740	0,005
Rotbarsch	267	— 0,9898	0,00124
7 verschied. Konsumfischarten, einschl. Hering und Rotbarsch	443	— 0,9416	0,0051

Tabelle 2

Abweichungen von der F.W.-Linie für fette und halbfette Fische, eßbarer Anteil

	Anzahl der Analysen	Positive Differenz			Negative Differenz		
		Maximalwert	Minimalwert	Mittlerer Wert	Maximalwert	Minimalwert	Mittlerer Wert
Clupea harengus (alte F.W.-Linie)	73	+2,56	+0,00	+0,59	—1,73	—0,01	—0,63
Sebastes marinus (alte F.W.-Linie)	260	+2,06	+0,00	+0,65	—1,83	—0,02	—0,58
Aplodinotus grunniens	75	+4,30	+0,11	+1,44	—1,75	—0,02	—0,63
Osmerus mordax *Coregonus clupeaformis* *Cristovomer namaycush* *Cyprinus carpio*	35	+3,29	+0,01	+1,28	—1,86	—0,14	—0,98
Summe aller Arten	443	+3,05	+0,03	+0,99	—1,79	—0,05	—0,71

ist etwas höher als die für Rotbarsch und Hering. Eine Erklärung für diese Abweichung finden wir in den von uns in die Berechnung mit einbezogenen Analysenergebnissen anderer Autoren. Wie wir bereits früher gezeigt haben, hängt nämlich die Höhe der Korrelation nicht nur vom Ausgangsmaterial ab, sondern auch erheblich von der Art der Durchführung der analytischen Untersuchungen (Brandes-Dietrich 1955). Zum besseren Ver-

ständnis bringen wir daher noch einmal die diesbezügliche Tabelle (Tabelle 3).

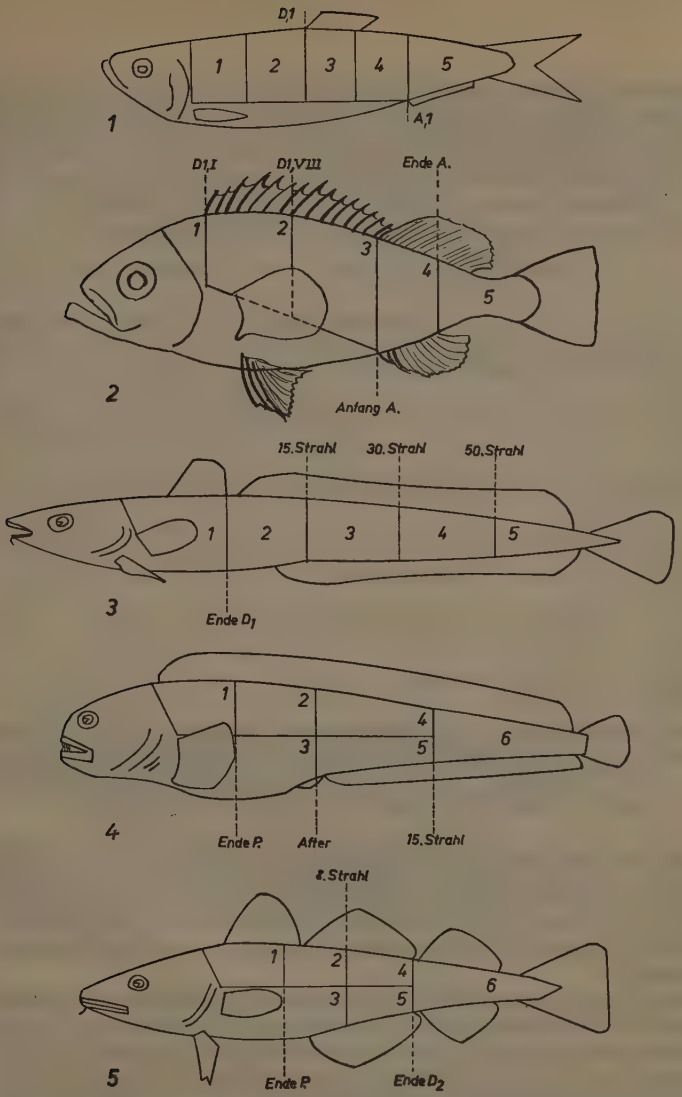
Tabelle 3

Die Abhängigkeit der Höhe der Korrelation zwischen dem Fett- und Wassergehalt des Herings (eßbarer Anteil) von den angewandten Untersuchungsmethoden

	I	II	III	IV
Homogenisierung der Filetlappen im:	Fleischwolf	Fleischwolf	Fleischwolf	Multimix
Fettbestimmung nach:	Soxhlet	Großfeld	Großfeld	Stoldt
Wasserbestimmung im:	Trockenschrank 96—100° 24 Std.	Trockenschrank 96—100° 50 Std.	Trockenschrank 96—100° 24 Std.	Vakuumtrockenschrank 60° 3 Std.
Korrelationskoeffizient ϱ	—0,835	—0,927	—0,936	—0,974
Standardfehler v. ϱ F (ϱ)	0,023	0,012	0,005	0,005
Anzahl der Analysen	171	145	136	100
Untersucher	Lücke, Brandes, Richter, Schneider	Lücke, Wille	Lücke, Bähr	Brandes-Dietrich
Jahr	1945—1951	1931—1934	1935	1952

Außer der Beziehung zwischen dem Fett- und Wassergehalt im eßbaren Anteil war vor allem auch die regionale Fettverteilung im Filet der eingangs erwähnten Fischarten von Interesse.

Wie bei den früheren Arbeiten wurden die Fische in einzelne Abschnitte unterteilt. Die Lage dieser einzelnen Teilstückchen zueinander ist aus der Tafel 1 zu ersehen, in die zum Vergleich die bereits veröffentlichten Abbildungen der Einteilung vom Hering und Rotbarsch noch einmal mit aufgenommen worden sind (Brandes-Dietrich 1953, 1956). Um die Unterschiede der Fettverteilung in den analysierten Fischarten besonders deutlich zum Ausdruck zu bringen, wurden bei den einzelnen Arten für die korrespondierenden Teilstücke mittlere Kurven des Fettgehaltes aufgestellt. Dabei wurde an Stelle der prozentualen Analysenergebnisse der Wassergehalt der Teilstücke auf 1 g Fett bezogen (Abbildung 2). Beim Vergleichen dieser so berechneten Kurven zeigte sich nun, daß die Fettverteilung in den Magerfischen (Gruppe II) nahezu spiegelbildlich zu der Fettverteilung in den fetten und halbfetten Fischen (Gruppe I) verläuft, d. h. während bei der Gruppe I sich ein Abfall des Fettgehaltes in Richtung Schwanzflosse ergibt, steigt bei der Gruppe II der Fettgehalt zur Schwanzflosse hin an. Die berechneten Mittelwertskurven A und B für die beiden Gruppen zeigen



Tafel 1: Lagebeziehung der analysierten Teilstücke einiger Fischarten zueinander. 1. Hering, 2. Rotbarsch, 3. Blauleng, 4. Katfisch, 5. für Kabeljau, Schellfisch und Seelachs wurde eine für alle drei Fischarten gültige Abbildung gebracht.

dies noch deutlicher. Bemerkenswert hierbei scheint, daß die Kurven für nahe verwandte Fische sowohl in der Gruppe I — die der beiden Katfischarten — als auch in der Gruppe II — die der Fische der alten Gattung *Gadus* (Kabeljau, Schellfisch, Seelachs) — nahezu parallel zueinander verlaufen. Der auch noch zur Familie der *Gadidae,* aber zu einer anderen Gattung gehörende Blauleng *(Molva byrkelange)* zeigt in bezug auf die Fettverteilung im Filet deutlich ein abweichendes Verhalten.

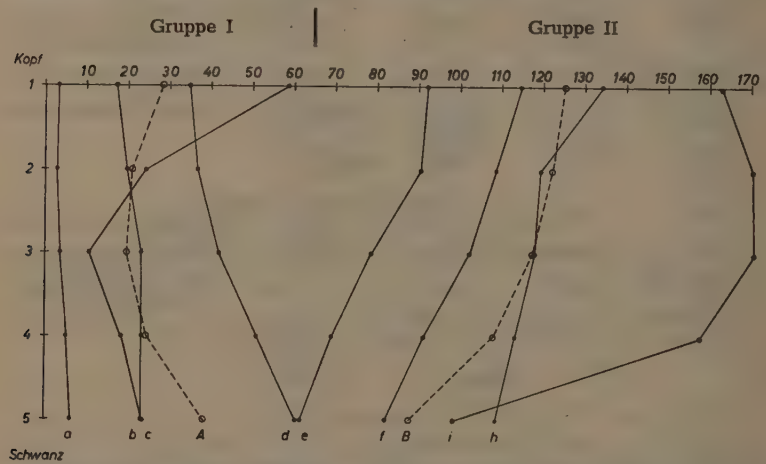


Abb. 2: Mittlere Kurven des Fettgehaltes der Teilstücke. Ordinate: Teilstücke, Abszisse: g Wasser bezogen auf 1 g Fett. a) Hering, b) Rotbarsch, c) gefleckter Katfisch, d) gestreifter Katfisch, e) Seelachs, f) Kabeljau, h) Schellfisch, i) Blauleng. A) Mittlere Kurve berechnet für Gruppe I. B) Mittlere Kurve berechnet für Gruppe II.

Bei der Betrachtung der Kurvenbilder, inbesondere der der *Gadidae,* könnte man daran denken, daß die regionale Verteilung des Fettes in der Muskulatur der Fische im Zusammenhang mit der durch Habitus und Anatomie gegebenen Lage des Schwerpunktes steht, der zweifellos für die Nahrungsaufnahme und Schwimmlage im Wasser von einer gewissen Bedeutung ist.

Dem entgegen steht jedoch das unterschiedliche Verhalten des Seelachses einerseits und des Kabeljaus und Schellfisches andererseits, z. B. bei der Nahrungsaufnahme, die durch die unterschiedliche Anatomie des Maules bedingt ist. Wir wissen, daß der Seelachs einen vorspringenden Unterkiefer ohne Bartfaden hat, seine Nahrung daher von unten nach schräg oben erjagt, und daß sein Fluchtweg stets schräg nach oben geht. Dagegen haben Kabeljau und Schellfisch vorspringende Oberkiefer und Tastfäden am Unter-

kiefer, die eindeutig auf eine dem Seelachs entgegengesetzte Richtung in der Nahrungsaufnahme schließen lassen. Das bisher vorliegende Material reicht jedoch noch nicht aus, um allgemeine Zusammenhänge zwischen der regionalen Fettverteilung in der Muskulatur und dem biologischen Verhalten verschiedener Fischarten zu erkennen.

Anschriften der Verfasser:

Dr. C.-H. Brandes, Institut für Meeresforschung, Bremerhaven

Dr. R. Dietrich, Institut für Meeresforschung, Bremerhaven

Literaturverzeichnis

Brandes, C. H., Dietrich, R.: 1952. Zur Methodik der absoluten Fettbestimmung im Hering. Veröffentlichungen des Instituts für Meeresforschung in Bremerhaven, Bd. I, S. 233—235.

Brandes, C. H., Dietrich, R.: 1952. Beitrag zur Methodik der absoluten Fettbestimmung in Lebensmitteln, insbesondere im Hering. Deutsche Lebensmittel-Rundschau, 48. Jahrg., S. 165—168.

Brandes, C. H., Dietrich, R.: 1953. Über die Fettverteilung im Körper des Herings. Veröffentlichungen des Instituts für Meeresforschung in Bremerhaven, Bd. II, S. 109—121.

Brandes, C. H., Dietrich, R.: 1953. Die Bestimmung des Fettgehaltes im eßbaren Anteil des Herings auf Grund der Korrelation Fett und Wasser. Veröffentlichungen des Instituts für Meeresforschung in Bremerhaven, Bd. II, S. 122—134.

Brandes, C. H., Dietrich, R.: 1953. Zusammenfassende Betrachtungen über den Fett- und Wassergehalt im eßbaren Anteil des Herings. Fette und Seifen, Jahrg. 55, S. 533—541.

Brandes, C. H.: 1954. Über den Fett- und Wassergehalt im Hering. Proceedings Symposium on Cured and Frozen Fish Technology. Sik-Publication No. 100, XII, S. 1—11.

Brandes, C. H., Dietrich, R.: 1956. Untersuchungen über Fett- und Wassergehalt im eßbaren Anteil des Rotbarsches (Sebastes marinus L.). Fette und Seifen, 58. Jahrg., S. 433—439.

Commercial Fish. Rev.: Aplodinotus grunniens. Vol. 13/No. 12/1951; Vol. 14/No. 10 + 11/1952; Vol. 15/No. 10+12/1953.

Commercial Fish. Rev.: Osmerus mordax. Vol. 14/No. 5/1952.

Commercial Fish. Rev.: Coregonus clupeaformis. Vol. 14/No. 4+5/1952.

Commercial Fish. Rev.: Cristivomer namaycush. Vol. 15/No. 2+3/1953.

Commercial Fish. Rev.: Cyprinus carpio. Vol. 14/No. 2/1953.

(Aus dem Zoologischen Institut der Universität Kiel)

Eine Temperaturkammer für Zuchtversuche

Von Otto Kinne[1])

In der Physiologischen Autökologie spielen Zuchtversuche eine wichtige Rolle. Im Zuchtversuch wird der gesamte Lebensablauf einer Art studiert und der Einfluß verschiedener, exakt erfaßbarer Umweltbedingungen auf Struktur und Funktion analysiert. Ein Ziel derartiger Versuche ist, in Erfahrung zu bringen, was eine Art — herausgelöst aus ihren interspezifischen Bindungen — zu leisten vermag, also ihre physiologische Potenz gegenüber abiotischen Faktoren zu ermitteln. Ein anderes Ziel ist die Erforschung des Umwelteinflusses auf Formbildungsprozesse, Entwicklung, Wachstum, Fortpflanzung, Lebensdauer, Stoffwechsel usw. Der gesamte Lebensablauf erstreckt sich bei vielen Tierarten über Monate oder Jahre, es handelt sich daher um langfristige Experimente, für die eine besondere Methodik ausgearbeitet werden muß.

Für Untersuchungen über die Wirkung der Temperatur stehen in einem modern eingerichteten Laboratorium Eisschränke oder temperaturregulierte Arbeitsräume zur Verfügung. Beide sind für Zuchtversuche nur bedingt geeignet: im Eisschrank ist die Beobachtungsmöglichkeit unzureichend, außerdem müssen die Kulturen bei der Betreuung und Beobachtung herausgenommen werden und erleiden dabei unerwünschte Temperaturveränderungen. Temperaturregulierte Räume sind bei hohen und tiefen Temperaturen unbequem oder gar gesundheitsschädlich; der Beobachter muß ja oft mehrere Stunden am Tag in diesen Räumen arbeiten. Um diesem Mangel zu begegnen und um für langfristige Zuchtversuche bei tiefen, hohen oder wechselnden Temperaturen die methodische Voraussetzung zu schaffen, habe ich in Zusammenarbeit mit Herrn C. Kreye von der Firma ATE-Vertretung, Hamburg, eine Temperaturkammer mit eingebautem Mikroskop entwickelt, bei welcher der Beobachter wie vor einem Schreibtisch außerhalb des temperaturregulierten Kulturraumes sitzt und diesen durch verglaste Einblicke hindurch gut übersehen kann; mit beiden Armen kann er durch weite, mit Gummimanschetten versehene Öffnungen in den Innenraum hineingreifen, die Kulturen bearbeiten, das Mikroskop bedienen oder Experimente ausführen (Abb. 1).

Der Bau dieser Temperaturkammer wurde finanziert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft, der ich für ihr verständnisvolles Entgegenkommen danken möchte. Herr Professor Dr. A. Remane hat das Projekt nach Kräften gefördert und die Aufstellung und Installation der Temperaturkammer durch zusätzliche Institutsmittel ermöglicht; Herr Professor Dr. Schlieper stand mir mit Ratschlägen zur Seite, und Herr Dr. B. Heydemann hat die Photographie (Abb. 1) für mich angefertigt. Allen drei Herren danke ich herzlich.

[1]) Zur Zeit: University of California, Department of Zoology, Los Angeles 24, USA.

Abb. 1. Frontansicht der Temperaturkammer. Die Tür des rechten Verdampfersystems ist geöffnet, die einklemmbare Kunststoffplatte herausgenommen. Man sieht den Verdampferventilator und die ins untere Stockwerk führenden Kälte- und Stromleitungen. Die Riegelvorsatztür der rechten Armeinführung wurde abgenommen, um die Befestigung der Gummimanschette zu zeigen. Zwischen den Armeinführungen befindet sich die runde Thermometereinstellskala, darüber sind die Okularstutzen des Mikroskops zu erkennen und darüber innerhalb des Kulturraumes der obere Teil des mittleren Luftleitkanals. In der Ausnehmung für die Knie des Beobachters sieht man links den weißen Hauptschalter, etwas tiefer — an der Rückwand — die Griffe für die linke und rechte Abtauklappe und in der Mitte die Sicherungen sowie teilweise die Schalthebel für Ventilatoren und Abtauheizung.

Die Temperaturkammer ist 2 m lang, sie ist von außen mit Alu-Hammerschlag, goldeloxiert, verkleidet. Die Innenauskleidung des Kulturraumes besteht aus emailliertem Stahlblech und gewährt somit einen guten Korrosionsschutz, insbesondere bei Experimenten mit Seewasser. Unterhalb des Kulturraumes befindet sich zu beiden Seiten je ein Verdampfersystem (in Abb. 1 ist die Tür zum rechten Verdampfersystem geöffnet). Die beiden Systeme können getrennt abgetaut werden (s. u.); es ist daher keine Unterbrechung der Versuche — wie etwa in einem normalen Eisschrank — notwendig.

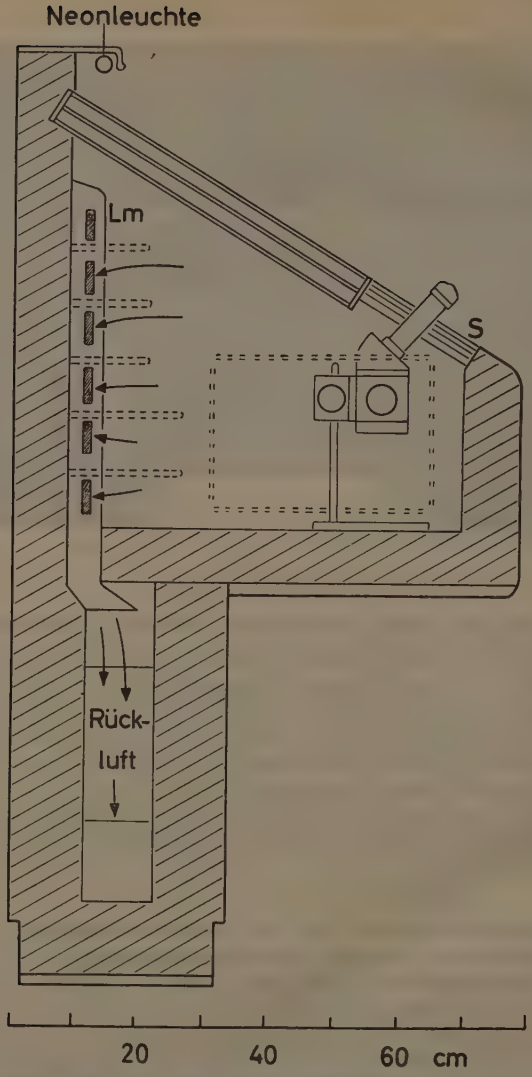


Abb. 2. Querschnitt durch die Mitte der Temperaturkammer. Die rechte Seitentür und die verzinkten Stabroste sind gestrichelt dargestellt. *Lm* mittlerer Luftleitkanal. *S* Schaumgummiplatte.

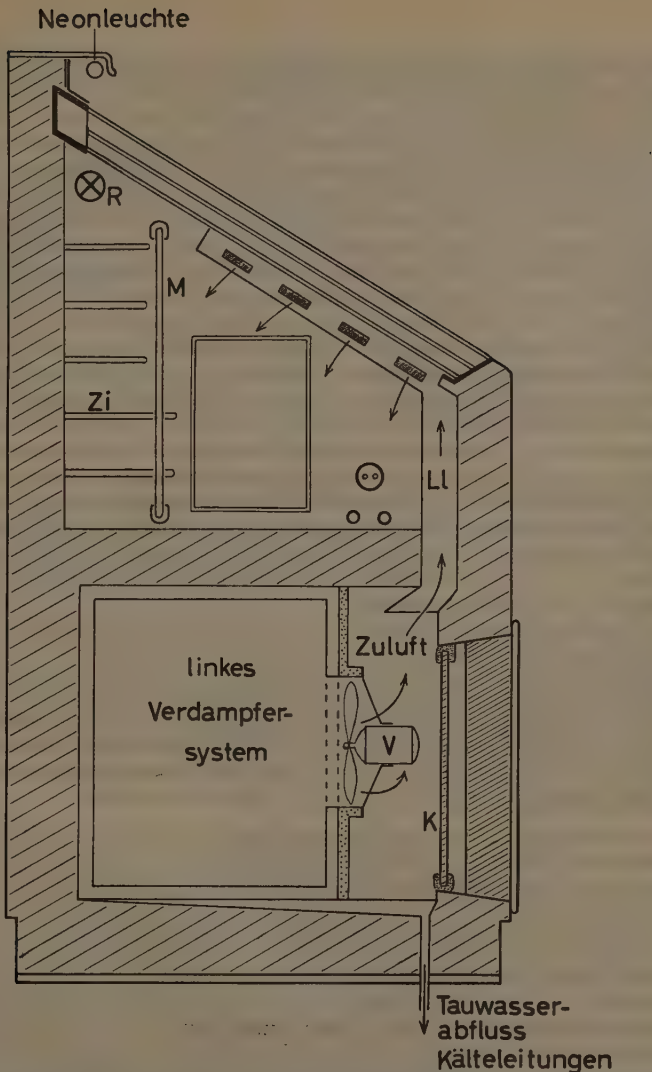


Abb. 3. Querschnitt in Höhe des linken Verdampfersystems. *K* Kunststoffplatte, *Ll* linker Luftleitkanal, *M* Montagestange, *R* Rosette für Abluft, *V* Verdampferventilator, *Zi* Zinkroste für Versuchsgefäße.

Die Temperaturregelung erfolgt durch ein empfindliches Spezialkontaktthermometer, dessen Temperaturfühler in der Mitte des Kulturraumes angebracht ist und dessen Skala (zwischen den beiden Armeinführungen Abb. 1; Abb. 4 *S*) leicht verstellbar ist. Das Kontaktthermometer ist gekoppelt mit beiden Verdampferkammern und diese wiederum mit einer elektrisch-automatischen Kältemaschine, Model FL 50 mit 1/3 PS Elektromotor, welche ein Stockwerk tiefer, direkt unterhalb der Temperaturkammer aufgestellt ist. Die Kühlleistung wird an die beiden Verdampfersysteme (Lamellenverdampfer) weitergegeben und die abgekühlte Luft in jedem System mit Hilfe eines Ventilators (Abb. 1, Abb. 3 *V*) durch einen Luftleitkanal (Abb. 3 u. Abb. 4 *Ll, Lr*) nach oben in den Kulturraum transportiert. An der Rückwandmitte des Kulturraumes wird die Luft dann durch einen dritten Luftleitkanal (Abb. 2 *Lm*) wieder abgesogen und den Verdampfersystemen erneut zugeführt. In dieses geschlossene System kann im Bedarfsfall durch einen Stutzen an der Basis der rechten Verdampferkammer (Abb. 4 *FS*) Frischluft eingeführt werden; die freiwerdende Altluft entweicht dann durch eine verstellbare Doppelrosette (Abb. 3 *R*). Die Verdampferventilatoren (*V*) arbeiten nur so lange, wie der Kulturraum gekühlt wird. Zur Vermeidung einer Temperaturschichtung ist daher im linken Teil des Kulturraumes ein Umluftventilator (Abb. 4 *U*) aufgestellt, der ständig in Betrieb ist. — Das Kontaktthermometer kann außer mit der Kühlvorrichtung auch mit einer Heizung gekoppelt werden; der Kulturraum läßt sich dann über Raumtemperatur erwärmen. Durch Kupplung der Kontaktthermometer-Einstellskala mit einer periodischen Schaltvorrichtung lassen sich rhythmische Temperaturänderungen erreichen, auf diese Weise können tägliche und jährliche Temperaturgänge im Experiment geboten werden. Schließlich kann zur Kontrolle ein automatischer Temperaturschreiber angeschlossen werden. Der einregulierbare Temperaturbereich liegt bei einer Raumtemperatur von 19° C etwa zwischen —2° C und +50° C; die Schwankungsbreite ist meist kleiner als 0,5° C.

Zur Beobachtung dient ein stereoskopisches Binokularmikroskop mit 180° Drehung am Tubus; es ist leicht auswechselbar in der Kammer aufgestellt. Der obere Teil des Okularstutzens schaut aus der Temperaturkammer hervor (Abb. 1 u. Abb. 2). Die Abdichtung wird erreicht durch eine mehrschichtige Schwammgummiplatte, welche vertikale Bewegungen des Tubus (Bildschärfe) und seitliche Bewegungen der Stutzen (Augenabstand) gestattet. Das Auswechseln der Okulare kann von außen, das Wechseln der Objektive innerhalb des Kulturraumes vorgenommen werden. Ein Beschlagen der Okularlinsen bei tieferen Temperaturen kann durch Bepinseln mit einer Mischung von Glyzerin und Wasser oder mit käuflichen Präparaten (wie man sie etwa bei Autowindschutzscheiben verwendet) vermieden werden. Bei sehr tiefen Temperaturen und hoher Luftfeuchtigkeit empfiehlt sich eine besondere Abdichtung der Optik, insbesondere des Prismenkastens.

Beide Armeinführungen sind mit einer langen Gummistülpmanschette (Abb. 4 *Gu*) versehen und von außen durch Riegelvorsatztüren (*Ri*) verschließbar.

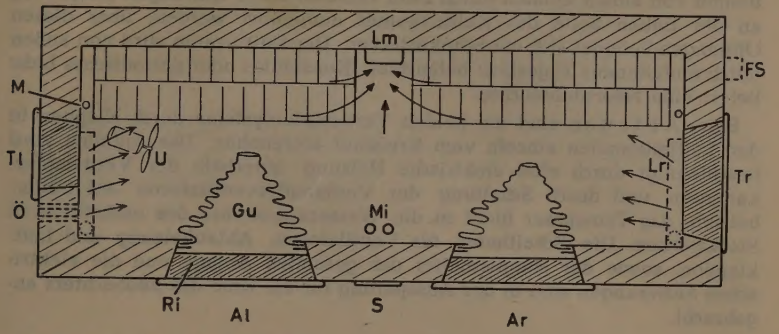


Abb. 4. Aufsicht in Höhe des Kulturraumes. *Al*, *Ar* linke bzw. rechte Armeinführung, *FS* Frischluftstutzen (mündet unten in die Verdampfersysteme), *Gu* Gummimanschette, *Lm* mittlerer Luftleitkanal, *Lr* rechter Luftleitkanal, *M* Montagestange, *Mi* Mikroskop, *Ö* verschließbare Öffnungen für Zuleitungen, *S* Einstellskala des Kontraktthermometers, *Tl*, *Tr* linke bzw. rechte Seitentür, *U* Umluftventilator.

Zugängig ist der Kulturraum durch zwei kleine seitliche Türen, von denen die linke (*Tl*) Hochformat, die rechte (*Tr*) Querformat hat. Zur Generalreinigung und zum Ansetzen der Kulturen ist die Rückseite mit zwei großen Türen versehen; es empfiehlt sich jedoch, in Zukunft die beiden großen verglasten Einblicke als Türen zu arbeiten, wie das in Abb. 3 angedeutet ist. Das hat zwei Vorteile: 1. Das Öffnen dieser Türen verursacht einen geringeren Kälteverlust und ist daher nötigenfalls auch während der Versuche möglich, 2. die Temperaturkammer kann mit der Rückseite gegen eine Wand gestellt werden.

Eine Normalisolierung von allseits 8 cm Stärke hat sich für Temperaturen unter 5° C als unzureichend erwiesen. Die Isolierung des Kulturraumes muß 9 bis 10 cm, die des Unterteils 10 bis 12 cm stark sein. Die Luft in den Verdampfersystemen ist ja sehr kalt und wird zudem gegen die Tür in die Luftleitkanäle ventiliert. Als Zusatzisolierung hat sich eine hinter die Haupttür der Verdampferkammer einklemmbare Kunststoffplatte (Abb. 3 *K*) gut bewährt. Diese Platte ist von einer dicken Schaumgummileiste eingerahmt und mit Hilfe zweier Handgriffe leicht einzusetzen und herauszunehmen. Die Fenster in der schrägen Abdeckung des Kulturraumes bestehen aus einer dreifachen Thermopaneverglasung.

Beobachtungsgefäße können auf verzinkte Stabroste an der Rückseite oder beiderseits des Mikroskops am Boden des Kulturraumes aufgestellt

werden. Die unterschiedlich breiten Zinkroste (Abb. 3 *Zi*) sind auswechselbar, sie gestatten eine freie Luftzirkulation. Zur Montage besonderer Geräte sind zwei Montagestangen (Abb. 3 u. Abb. 4 *M*) fest eingebaut. Zuleitungen von außen können durch zwei verschließbare Öffnungen (Abb. 4 *Ö*) an der linken Seite des Kulturraumes eingeführt werden; über diesen Öffnungen befindet sich ein Schukostecker. Der Kulturraum wird von außen durch einfallendes Tageslicht beleuchtet. Konstantes oder periodisches Licht liefert eine Neonstableuchte.

Beim Abtauen sind die beiden Verdampfersysteme durch Klappen in den Luftleitkanälen einzeln vom Kreislauf abtrennbar. Das Abtauen wird beschleunigt durch eine elektrische Heizung innerhalb der Verdampferkammern und durch Schaltung der Verdampferventilatoren auf Dauerbetrieb; das Tauwasser fließt in die Wasserableitrohre des nächsttieferen Stockwerkes. Die Schalthebel für Ventilatoren, Abtauheizung und Luftklappen, sowie der Hauptschalter der gesamten Anlage und die elektrischen Sicherungen sind in der Aussparung für die Knie des Beobachters angebracht.

Summary

Description of a reach-in thermal chamber for long time rearing experiments. The temperature in the culture compartment is adjustable within the range of —2° C to +50° C approx.; diurnal and annual temperature rhythms can be applied by connecting a timeswitch to one of the contacts of the control thermometer.

Inhaltsverzeichnis

Band V, Heft 3

Seite

HÖHNK, W. Mykologische Abwasserstudie II 211

LÜNEBURG, H. Untersuchungen über den quantitativen Wasser- und Sinkstofftransport im Fedderwarder Priel (Wesermündung) ... 257

BRANDES, C.-H., und R. DIETRICH. Betrachtungen über die Beziehungen zwischen dem Fett- und Wassergehalt und die Fettverteilung bei Konsumfischen 299

KINNE, O. Eine Temperaturkammer für Zuchtversuche 306